النانوتكنولوجي

عالم صغير..
ومستقبل كبير

(مقدمة في فهم علم النانوتكنولوجي)

تقديم عالم الفيزياء الأميركي العربي الأصل

البروفيسور منير نايفة

أستاذ الفيزياء النظرية والنانوتكنولوجي

بجامعة الينوي الأمريكية

صفات سلامة



الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.

رسالة مؤسسة محمد بن راشد آل مكتوم

برنامج «اكتب»

أطلقت مؤسسة محمد بن راشد آل مكتوم برنامج «اكتب» لرفد النتاج المعرفي في الوطن العربي، وتدارك ما أصابه من تراجع؛ إذ إن العرب، الذين يشهد لهم تاريخهم الماضي بالريادة في إنتاج المعرفة، يصدرون اليوم أقل من 0.8٪ من إجمالي الإصدارات العالمية.

وقد أولت المؤسسة اهتماما منقطع النظير لحل إشكاليات الواقع الراهن بجميع تحدياته فانطلقت لتجاوز كل معوقاته وحواجزه، لتحقيق ما ترنو إليه الأجيال الواعدة، وتنبع ثقة المؤسسة بأن المستقبل العربي، بإذن الله، سيحفل بأسماء جديدة في عالم الكتابة والتأليف من الإقبال الكبير على المشاركة في البرنامج من قبل الكتاب الشباب منذ الإعلان عن انطلاقه، فقد لبى هؤلاء الكتاب الواعدون دعوة مؤسسة محمد بن راشد آل مكتوم، بكل حماس وإيمان بالتغيير وبالعمل لخدمة مشروع النهضة المعرفية العربية.

ومع كل كتاب جديد، تتعهد المؤسسة غرسةً تشق طريقها بكل ثقة، وتتفتح زهواً لتنثر ورودا في كل الدروب، وتجدد الأمل في نهضة ثقافية عربية واعدة، تشرع نوافذها لمستقبل الإبداع.

ولابد للغراس أن تؤتي ثمارها، لا بد لها من أن تورق وتزدان لتلون الدنيا بألوانها بهاءً وسحراً.

ومؤسسة محمد بن راشد لن تألو جهدا لترسيخ خطى أصحاب المواهب الإبداعية وتعزيز ثقتهم بقدراتهم وإبداعاتهم، والأخذ بيدهم ليشاركوا الأمة في مسيرتها نحو الريادة

عن المؤسسة

انطلقت مؤسسة محمد بن راشد آل مكتوم بمبادرة كريمة من صاحب السمو الشيخ محمد بن راشد آل مكتوم نائب رئيس دولة الإمارات العربية المتحدة رئيس مجلس الوزراء حاكم دبي، وقد أعلن صاحب السمو عن تأسيسها في كلمته أمام المنتدى الاقتصادي العالمي في البحر الميت - الأردن في أيار/مايو 2007. وتحظى هذه المؤسسة باهتمام ودعم كبيرين من سموه، فقد قام بتخصيص وقفٍ لها قدره 37 مليار درهم (10 مليارات دولار).

وتسعى مؤسسة محمد بن راشد آل مكتوم، كما أراد لها مؤسسها، إلى تمكين الأجيال الشابة في الوطن العربي، من امتلاك المعرفة وتوظيفها بأفضل وجه ممكن لمواجهة تحديات التنمية، وابتكار حلول مستدامة مستمدة من الواقع، للتعامل مع التحديات التي تواجه مجتمعاتهم.



بسم الله الرحمن الرحيم

الطبعة الأولى
1430 هـ – 2009 م

ردمك 978-9953-87-675-7

مؤسسة محمد بن راشد آل مكتوم
MOHAMMED BIN RASHID
AL MAKTOUM FOUNDATION

oktub@mbrfoundation.ae
www.mbrfoundation.ae

الدار العربية للعلوم ناشرون ش.م.ل
Arab Scientific Publishers, Inc. SAL

عين التينة، شارع المفتي توفيق خالد، بناية الريم
هاتف: 786233 – 785108 – 785107 (1-961+)
ص.ب: 5574-13 شوران – بيروت 2050-1102 – لبنان
فاكس: 786230 (1-961+) – البريد الإلكتروني: asp@asp.com.lb
الموقع على شبكة الإنترنت: http://www.asp.com.lb

التنضيد وفرز الألوان: **أبجد غرافيكس**، بيروت – هاتف 785107 (9611+)
الطباعة: **مطابع الدار العربية للعلوم**، بيروت – هاتف 786233 (9611+)

إهداء

الى زوجي وأبنائي الأعزاء

مع خالص الدعاء



المحتويات

تقـــديـــم

البروفيسور منير نايفة

تُعـــدّ تقنـــية النانوتكنولوجـــي (التقنـــيات المتناهية في الصغر) Nanotechnology مـــن مجالات البحث الجديدة والنشطة والسريعة جـــداً، الـــتي يقوم بدراستها العديد من العلماء في كل أنحاء العالم في مختبرات حكومية وتجارية وأكاديمية. ويؤكد العديد من العلماء العاملين في هذا المجال بأن النانوتكنولوجيا سوف تحدث ثورة صناعية جديدة في المـــستقبل القـــريب في شتى مجالات الحياة، محدثة تحولات جذرية في الاقتصاد والتكنولوجيا.

وتجـــتذب تطبيقات النانوتكنولوجيا اهتمام الكثيرين من العلماء والـــصناعيين والممـــولين، كمـــا ارتفعت مساعدة الحكومات والدول المـــتقدمة لبحوث النانوتكنولوجيا في السنوات الأخيرة، وتتنبأ مؤسسة العلـــوم القومية الأميركية بأن سوق خدمات النانوتكنولوجيا ومنتجاتها سيصل إلى التريليون دولار عام 2015.

وعلم النانوتكنولوجيا هو علم تعديل الجزيئات أو الذرات لصنع منـــتجات جديدة، ويطلق هذا التعبير على أي تقنية تعمل على مستوى المقاسات الفائقة الصغر، ويمثل النانو جزءاً من المليار من المتر، ويعكس هـــذا المقـــياس حجم القفزة التي تقوم بها هذه التقنية قياساً إلى التقنية الدقـــيقة (المجهـــرية) Microtechnology الـــتي أنـــتجت الحواسيب والترانـــزيستورات وكل المعدات الإلكترونية المعروفة الآن. وتقلل تقنية

النانو الأبعاد بنحو 1000 مرة، وبذلك تقلل المساحة بنحو مليون ضعف، ويؤدّي هذا إلى زيادة السرعة وتقليل استهلاك الطاقة لهذه المعدات.

وتهدف ثورة النانوتكنولوجي الجديدة إلى تطوير نوع جديد من الإلكترونيات الذرية، تعتمد ميكانيكا الكم وحركة الجسيمات المنفردة، والتي ستنتج معدات أسرع وأصغر مرات عديدة من أي شي حولنا الآن، حيث يتحول العلماء إلى مهندسين يصممون أسلاكاً ومعدات على مستوى الذرة. وفي مثل هذا النظام تتشابك وتتداخل حقول الفيزياء والكيمياء والأحياء والكهرباء والإلكترونيات والميكانيكا بقوة مع بعضها بعضاً، وهذا التشابك والتداخل يمكن أن يعد بالكثير من المفاجآت الجديدة، وسيكون حاصل ذلك تقنيات جديدة تقاس أجزاؤها بالميكرون الذي هو أقل بعشرات المرات من قطر شعرة. فضلاً عن ذلك سيصبح ممكناً تصنيع الملايين من هذه في الوقت نفسه، ويمكن أن تستعمل بعد ذلك لبناء مختبرات تحمل في راحة اليد، وأن تصمم روبوتات أصغر من رأس الدبوس، تستطيع الدخول والحركة في العروق الدموية، وتكون مستعدة للقيام بجراحة دقيقة على سبيل المثال. كما أن تقنية النانو ستجعل مظهراً آخر ممكناً وهو التكامل بين الإلكترونيات الدقيقة والهندسة الوراثية، مع توفير القدرة على التعامل مع المواد الإحيائية والجزيئات العضوية نانوية المقياس، وستوفر هذه الكثير من الإمكانات الخيالية، ويعتقد كثير من العلماء أن الفعاليات - ذات المقياس جزء الملياري - في التجمعات الخلوية الإحيائية يمكن أن تنجح في تعريف الحياة ذاتها، وتوفر آفاقاً لتطوير تقنية الخلية.

ويقول البعض إن هذه القدرة إذا ما تحققت، سوف تمثل للإنسانية تحديات تقنية وأخلاقية لم تواجهها من قبل. ومن جانب آخر يحذر

بعض العلماء من الجوانب الفرانكشتانية للتقنية النانوية، حيث يتخوف البعض من أن التعمق كثيراً في النانوتكنولوجي قد يعرض مستقبل الحضارة الإنسانية للخطر مع سيطرة الآلات على مقدرات الكون، ولهذا فإن النانوتكنولوجي يمكن أن تكون سيفاً ذو حدين يتطلب إدارة مسؤولة.

إلا أن هذا لم يمنع الدول المتقدمة من زج أموال ومصادر هائلة لدعم البحث والتطوير في مجال النانوتكنولوجي، وكأنها على استعداد لهدر البلايين في سباق محموم، لأن الاعتقاد السائد عند هذه الدول أن الذي سيفوز في هذا السباق سيكون باستطاعته التحكم في تكنولوجيا القرن الحادي والعشرين.

ومما يجعل هذا المجال في غاية الأهمية، ويعطي بصيصاً من الأمل للدول النامية أن بعض قواعد هذه التكنولوجيا يعتمد إلى حد كبير على العامل البشري والثروات الطبيعية، وفي نفس الوقت ذو كلفة متواضعة، شروط ومتطلبات متواجدة في العالم العربي. هذا بالإضافة إلى كون التكنولوجيا ما زالت في المراحل الأولية من النضج، مما يجعل المجال مفتوحاً بكل مصراعيه لمشاركة العالم العربي مشاركة حقيقية على أعلى مستوى من التطوير والتحديث العالمي. وما التعاون القائم حالياً بين مجموعات البحث في جامعة إيلينوي الأميركية وجامعة الملك سعود بالمملكة العربية السعودية، وكذلك بين جامعة إيلينوي والمجلس الأعلى للعلوم والتكنولوجيا الأردني، إلا مثالاً بسيطاً يشير إلى هذه الإمكانية. فهل من المعقول أن يضيع العالم العربي فرصة المشاركة ويبقى متفرجاً؟

إن كتاب الباحثة صفات سلامة، جزء مهم من وسائل التوعية العلمية في العالم العربي، ليس على صعيد الطلاب والأساتذة

والباحـــثين فحـــسب، بل سيكون مفيداً جداً على مستوى من يتخذ القـــرار في توجـــيه الـــبحث العلمي والتطوير في جميع المراكز الرسمية والخاصة.

البروفيسور منير حسن نايفة
أستاذ الفيزياء النظرية
بجامعة إيلينوي الأميركية

مقدمة

لم تعـد النانوتكنولوجي (التقنيات المتناهية في الصغر) Nanotechnology تدخل ضمن باب الخيال العلمي، بل أصبحت حقيقة واقعة تحظى باهتمام كبير في كل أنحاء العالم، وبخاصة دول العالم المتقدمة، حيث تعد الآن إحدى أبرز اتجاهات وأولويات البحث العلمي، وقد ساعدت التطورات الفعلية والاكتشافات الجادة في هذا المجال الجديد والواعد، على تقوية صورتها وزيادة الاستثمارات للعديد من المختبرات في الجامعات والمؤسسات البحثية والتجارية، حيث يشهد العالم الآن سباقاً محموماً بين مراكز الأبحاث والصناعة من أجل توظيف النانوتكنولوجي في صناعات ومنتجات جديدة. ويؤكد العديد من العلماء على أن النانوتكنولوجيا سوف تشكل عالم المستقبل ضمن إطار ثورة صناعية جديدة.

وعلم النانوتكنولوجي هو علم حديث يبحث في تصميم أجهزة متناهية في الصغر، ويركز أساساً على تعديل البناء الجزيئي أو الذري للمادة وبما يحقق بناء تراكيب جديدة وبتكلفة اقتصادية لا تتعدى المادة الخام والطاقة المستخدمة في عملية الصناعة، ففي عالم النانوتكنولوجي يتم إعادة هيكلة للجزيئات والذرات داخل المادة أو إضافة أو حذف بحيث يكون متوافقاً مع قوانين الفيزياء والكيمياء، والقدرة على رؤية وقياس ومعالجة وإنتاج أشياء بمقياس واحد على مئة نانومتر. والنانومتر هو واحد على بليون من المتر أو واحد على مليون من المليمتر أو واحد من المليار من المتر.

وتعتبر النانوتكنولوجيا من العلوم المستقبلية التي تحظى بطلب متزايد في الصناعة والطب وقطاع النقل والمواصلات وكذلك في مجال الطيران والفضاء والاتصالات، وذلك لما لها من تطبيقات غير مسبوقة في جميع المجالات، تفوق الخيال العلمي في كثير من الأحيان، فخلال فترة قصيرة استطاعت هذه التكنولوجيا أن تقفز قفزات علمية هائلة في جميع مجالات العلم، تفوقت على ما تحقق خلال المئة عام الماضية، كما أن سرعة التقدم العلمي لهذه التكنولوجيا تفوقت بكثير على أي تكنولوجيات أخرى عرفها الإنسان في العصر الحديث، حيث يتم حالياً تطوير تطبيقات لتكنولوجيا النانو في جميع مجالات الصناعة تقريباً، بما فيها صناعة الإلكترونيات والأجهزة المغناطيسية، وإنتاج وخزن الطاقة، وتكنولوجيا المعلومات، وتطوير المواد، والنقل والمواصلات، هذا فضلاً عن تطبيقاتها الواعدة في مجال الطب والصحة، كما يذكر أن هناك الآن منتجات استهلاكية تستخدم تكنولوجيا النانو في صنعها، من بينها مستحضرات التجميل ومستحضرات وقاية الجلد من الأشعة الشمسية والملابس المقاومة للتبقع والمعدات الرياضية والمواد التي تطلى بها النظارات، بالإضافة إلى أن تكنولوجيا النانو ستستخدم كأساس عند تصميم وتصنيع أنظمة جديدة من الأسلحة والتقنيات العسكرية الحديثة. ولهذا، فإن هذه التكنولوجيا تشغل اهتمام الأوساط العلمية والصناعية وحتى عامة الجمهور، وذلك يرجع إلى الخواص والصفات الجيدة المتميزة التي تكتسبها المواد النانوية عندما تكون صغيرة جداً، فعندما تكون المواد بحجم النانو، تختلف خصائصها المادية والكيميائية والبيولوجية بأشكال أساسية مهمة عن خصائص كل ذرة أو جزيء أو كتلة مادة بمفردها. ولهذا، فإن دولاً عديدة تنفق وترصد ميزانيات ضخمة لدعم الأبحاث الخاصة بتكنولوجيا النانو، إذ تنفق حكومات

دول العالم حوالى 4 بلايين دولار سنوياً على أبحاث "النانو"، فالولايات المتحدة تعتبر خطة النانوتكنولوجي نواة الثورة الصناعية القادمة، حيث تنفق سنوياً على أبحاث النانوتكنولوجي ما يقرب من مليار دولار، وعندما بدأت الولايات المتحدة مبادرتها القومية الخاصة بتكنولوجيا النانو في عام 2001، وما إن مضت أشهر قليلة عليها، حتى كان الكثير من الدول الأخرى قد استهل مبادراته القومية في تكنولوجيا النانو، وكأن المبادرة الأميركية للنانو كانت إشارة لبدء سباق محموم، فقد جعلت حكومات اليابان والصين وكوريا الجنوبية وعدة دول أوروبية التصدر في مجال النانوتكنولوجي الناشئ أولوية قومية بالنسبة إلى بلدانها، كما أن الحكومة الإسرائيلية قد أولت اهتماماً كبيراً بتكنولوجيا النانو، حيث بدأت مبادرتها القومية لتكنولوجيا النانو عام 2001، بالإضافة إلى أن الحكومة الروسية قد وافقت على البرنامج الفيدرالي الخاص بتطوير البنية التحتية لتكنولوجيا النانو للفترة بين عامي 2008 و2010، والذي يتضمن إنشاء شبكة وطنية معاصرة للمراكز المتخصصة بتكنولوجيا النانو.

وتحاول العديد من الدول الآن تعريف عامة الجمهور بتكنولوجيا النانو وإثارة اهتمامهم بها وانشغالهم فيها، كي تتكوّن لديهم فكرة عما يحدث على مقياس النانو، وعن السبب الذي يجعل هذا المقياس مختلفاً، فهناك ضرورة ليعرف العامة أن تكنولوجيا النانو يتم استخدامها حالياً في مجموعة ضخمة من مجالات الأبحاث، من العلوم المادية إلى إصلاح البيئة إلى الطاقة النظيفة والطب، وسوف يتم استخدامها في السنوات القليلة القادمة لابتكار العديد من المنتجات المفيدة، على اعتبار أن التوعية العلمية تعتبر جزءاً مهماً وضرورياً يسير جنباً إلى جنب مع السياسات العلمية والتكنولوجية في الدولة.

لقد أصبح التحدي الحقيقي لنا الآن أن نلحق بتكنولوجيا النانو في بدايتها، ولن يتم هذا إلا من خلال مبادرة علمية عربية متكاملة في مجال النانوتكنولوجـي، توضـع في إطـار استراتيجية علمية عربية موحدة للبحث العلمي، يتم من خلالها تنسيق وتنظيم الجهود والبحوث، خاصة وأن لديـنا القواعد والمتطلبات الأولية لعلم النانوتكنولوجي من ثروات طبيعـية وبشرية، كما يتطلب هذا العلم استثمارات قليلة نسبياً، والتي تؤهلـنا للدخـول لعـصر النانو، على أن يصاحب ذلك وعي علمي عربـي بتقنيات النانو، يتمثل في تبسيط هذا العلم للمعنيين من الطلاب والباحـثين وعامة الجمهور، وبخاصة فيما يتعلق بتطبيقات النانوتكنولوجي في الحـياة اليومـية، وأهمية فهمها ومواكبتها والتفاعل معها، وإدراك أبعادها في حياة الأفراد ودورها في بناء وتقدم المجتمعات والشعوب.

لهـذا، فإن هذا الكتاب، يأتي كمحاولة متواضعة لتعريف القارئ العربـي بهذا العلم الناشئ والواعد، والتطورات السريعة المذهلة الحادثة فيه، للتفاعل والتعامل معها، للاستعداد للحاضر والمستقبل.

المؤلفة

صفات سلامة

الفصل الأول

علم النانوتكنولوجي

التعريف، التاريخ، الأهمية، وحجم الاستثمارات العالمية

تعريف علم النانوتكنولوجي:

النانوتكنولوجي Nanotechnology، هي تكنولوجيا مستحدثة، مــشتقة من النانومتر، وكلمة نانو Nano، هي في الأصل كلمة يونانية تعــني "القزم" Dwarf، وتستعمل النانو في الرياضيات للتعبير عن الجزء من المليار من وحدة القياس، وهذا يعني أن نانومتراً واحداً يساوي جزءاً مــن مليار جزء من المتر الواحد، وهو ما يعادل طول خمس ذرات إذا وضــعت الواحدة تلو الأخرى، وبمعنى آخر النانومتر يعادل واحد على بليون من المتر أو واحد على مليون من المليمتر أو واحد على المليار من المتــر، ويمثل ذلك واحداً على ثمانين ألفاً من قطر شعرة واحدة، ويبلغ سمك صفحة من الورق مئة ألف نانومتر، ويبلغ قطر خلية الدم الحمراء الواحدة نحو 7000 نانومتر، ويتراوح قطر جزيئ حامض الــ (DNA) بــين 2 نانومتــر، و2.5 نانومتــر، ويبلغ قطر جزيئ الماء 0.3 نانومتر تقــريباً. ويــتعامل العلماء والمهندسون مع المادة في هذا المقياس على مستوى دقيق جداً، أي مستوى الذرات والجزيئيات، ليس لبناء أجهزة نانــوية فحــسب، بــل لخلــق مواد جديدة ذات ترتيبات وتجمعات وخــصائص مبتكرة وغير موجودة طبيعياً، تفتح آفاقاً جديدة في العلوم والتكنولوجيا، وتؤدِّي إلى تطبيقات حياتية مختلفة، بالإضافة إلى إمكانية

تحريك الذرات والجزيئيات بدقة لإحداث تفاعلات كيماوية، مما يؤدِّي إلى تصنيع أو تعديل بعض الجزيئيات الإحيائية المهمة. أي أن علم النانوتكنولوجي هو علم تعديل الذرات والجزيئات لصنع منتجات جديدة، وهو علم حديث يبحث في تصميم وإنتاج أجهزة غاية في الدقة من خلال نماذج صغيرة جداً، ويطلق هذا التعبير على أي تقنية تعمل على مستوى المقاسات المتناهية في الصغر، مثل نانو. وعلى نحو أكثر تحديداً تشير كلمة نانوتكنولوجي إلى تقنية بناء المادة وتركيبها انطلاقاً من الذرة الواحدة، أي برصف الذرة إلى جانب الذرة للحصول على المادة المطلوبة، حيث يمكن ترتيب حوالى تسع ذرات بجانب بعضها بعضاً على النانومتر الواحد[1]. ويصف الباحث توماس كيني Thomas Kenny من جامعة ستانفورد الأميركية Stanford University حجم النانو بأمثلة كثيرة مثل كونه بنفس عرض الحمض النووي الريبي منقوص الأكسجين (DeoxyriboNucleic Acid (DNA أو بحجم عشر ذرات هيدروجين، أو بمعدل نمو ظفر الإنسان في ثانية واحدة، أو سماكة قطرة الماء بعد بسطها كلياً على سطح مساحته واحد متر مربع، أو واحد على عشرة من سماكة الطبقة المعدنية على النظارات الشمسية[2].

وتتمثل قاعدة التقنيات النانوية العلمية في مسألتين هما[3]:

الأولى: بناء المواد بدقة من لبنات صغيرة، والحرص على مرحلة الصغر يؤدِّي إلى مادة خالية من الشوائب ومستوى عالي جداً من الجودة والتشغيل.

الثانية: أن خصائص المواد قد تتغير بصورة مدهشة عندما تتجزأ إلى قطع أصغر وأصغر، وخصوصاً عند الوصول إلى مقياس النانو أو أقل، عندها قد تبدأ الحبيبات النانوية في إظهار خصائص غير متوقعة و لم

تعــرف من قبل، أي غير موجودة في خصائص المادة الأم. فعلى سبيل المــثال ألمــاس ما هو إلا تحول طبيعي للفحم الحجري، حيث يتماثل الفحــم والألماس في التركيب الجزيئي والذري، والفارق الوحيد هو في تغــير موضع الجزيئات والذرات، والذي يحدث في الطبيعة عبر ملايين الــسنين وتحــت ظروف خاصة من درجات الحرارة والضغط، فأصل ألمــاس هــو الفحم الحجري الذي تعرض لظروف التحول. وفي عالم النانوتكنولوجي، فإن هذا ما يحدث بالضبط، أي إعادة هيكلة للذرات والجــزيئات داخل المادة أو إضافة أو حذف، بحيث يكون متوافقاً مع قــوانين الفيــزياء والكيمــياء، بمعنى آخر يمكن القول إنه من خلال النانوتكنولوجــي يمكن أن نقوم بتحويل الفحم الحجري إلى ألماس في يسر وسهولة، ويمكن أن نحصل على مواد أنظف وأقوى وأكثر دقة في الأداء وأخــف في الوزن، فالعلماء يستخدمون النانوتكنولوجي لتغيير خواص البلاستيك والزيوت، والألياف والأنسجة لزيادة القوة والمرونة.

ومن خلال استخدام النانوتكنولوجي في مجال الطب وفيما يعرف بطب النانو، يمكن التعرف في سهولة ويسر على العمليات الطبيعية التي تــتم داخــل جسم الإنسان، فمثلاً، في عمليات الهضم التي تتم داخل جسم الإنسان بدون توقف، تقوم أنــزيمات الهضم بتفكيك الجزيئات المــركبة في الأطعمــة التي نتناولها إلى جزيئات أصغر وأدق، يتم مرور المفــيد مــنها من خلال جدار الجهاز الهضمي إلى مجرى الدم لتكون تركيبات جديدة غير التي كانت مكونة منها أي أن المعدة تكون مجمعاً جــزيئياً متطوراً للغاية، وفهم عملية الهضم والتمثيل الغذائي على هذا الــنحو يجعــل من عالم النانوتكنولوجي عنصراً مهماً في تطوير أنواع جديــدة مــن العلاج تسرع من العمليات الطبيعية التي تتم في الجسم وتــدعمها ضد هجمات الفيروسات والميكروبات، أي أن طب النانو

يعتمد أساساً على تدعيم دفاعات الجسم الطبيعية وتحويلها إلى عنصر هجومي، مما يمكنها من القضاء على الفيروسات والميكروبات بصورة طبيعية دون أي آثار جانبية تنتج عن التغييرات الكيمائية التي تحدثها الأدوية.

ولذلك يمكن القول بأن مفهوم تكنولوجيا النانو جاء ليعبِّر عن فكرة وجود أجهزة قادرة على التعامل في نطاق الوحدات المتناهية في الصغر، وهذه الوحدات توجد في الطبيعة في مستوى جزيئات أو ذرات المادة، وهي المكونات التي تقل فيها الأبعاد والقياسات إلى هذا المستوى المتناهي في الصغر، ويرجع سبب الاهتمام بتكنولوجيا النانو إلى أن صغر الحجم يعطي خواص فيزيائية وكيميائية تختلف اختلافاً كبيراً عن خواص الحجم الأكبر.

أي أن علم النانو تكنولوجي يعني التحكم التام الدقيق في إنتاج المواد وذلك من خلال التحكم في تفاعل الجزيئات الداخلة في التفاعل وتوجيه هذه الجزيئات من خلال إنتاج مادة معينة وهذا النوع من التفاعل يعرف بالتصنيع الجزيئي، ووضع الذرات أثناء التفاعل في مكانها الصحيح أو المناسب، فمثلاً لو تمّ توجيه وضع ذرات الكربون في الفحم عند إجراء التفاعل فإنه يمكن تنتج الألماس، وكذلك لو تمّ توجيه وضع ذرات الرمل عند إجراء التفاعل يمكن إنتاج المواد المستخدمة في إنتاج شرائح الكمبيوتر.

ومن المعروف أن الطريقة التقليدية في تصنيع المواد الكيماوية المختلفة تتم بخلط مكونات التفاعل معاً بدون الأخذ في الاعتبار اتجاه الذرات الداخلة في التفاعل، وبالتالي فإن المادة الكيماوية الناتجة تكون خليطاً من عدة مواد، أما باستخدام تقنية النانو فمن الممكن توجيه وضع الذرات الداخلة في التفاعل بتوجيه محدد وبالتالي فإن المواد الناتجة

سوف تكون أكثر دقة وأكثر نقاوة من التصنيع بالطرق التقليدية ومن ثم توحـــيد نوعـــية المنتج وكذلك تقليل تكلفة الإنتاج وخفض الطاقة المـــستهلكة، وهـــناك أجهزة نانوية Nanodevices قادرة على توجيه الذرات ووضعها في مكانها الصحيح أثناء عملية التفاعل[4].

نظرة تاريخية موجزة لعلم النانوتكنولوجي:

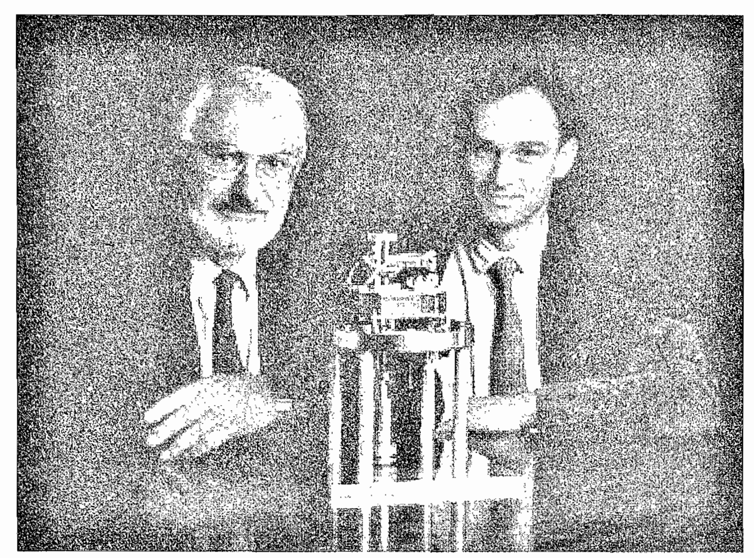
تـــرجع الـــبدايات الأولى لعلم النانوتكنولوجي إلى عالم الفيزياء الأميركي ريتشارد فينمان (1918-1988) Richard Feynman، الذي يعـــدّ أحد أبرز علماء الفيزياء في القرن العشرين، والحاصل على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1965. ففي عام 1959 تنبأ "فينمان" بأن العلماء ســـوف يتمكـــنون يوماً ما من صناعة أدوات متناهية الصغر في حجم ذرات التـــراب، ثم يستخدموها في صنع معدات أصغر منها، إلا أن فينمان لم تكن لديه أية فكرة عن كيفية تحقيق ذلك، وبدت أفكاره وتـــصوراته للكـــثيرين ضرباً من الخيال الجامح غير القابل للتطبيق العملـــي. ففي محاضرته الشهيرة بعنوان "هناك متسع كبير عند القاع" There's Plenty of Room at the Bottom، أمام "الجمعية الفيزيائية الأميركـــية" في 26 كانون الأول/ديسمبر عام 1959، قال عالم الفيزياء "فينمان": "إنه عالم صغير بشكل مدهش، ذلك العالم الأدنى"، وتساءل "فيـــنمان" عمّـــا يمكن للإنسان أن يفعله في حالة السيطرة على الذرة المنفـــردة وتحـــريكها بحـــرية وسهولة لصناعة مواد وآلات ستكون لها خـــصائص فريدة لأن المواد على هذا المستوى الذري تتمتع بخصائص فيـــزيائية وكيميائـــية تختلف عن خصائص الأجسام الكبيرة من المادة نفسها، كما أن خصائص الأشياء الصغيرة تتغيّر مع تغير أحجامها وفقاً لمـــا يعرف بقوانين القياس، مما سيتيح أمام المهندسين فرصاً غير مسبوقة

في تصميم مواد متطورة لها خصائص متنوعة ومتغيرة مع تغير حجم المكونات فقط. كما تساءل "فينمان" عن: "ماذا سيحدث إذا تمكنّا من تنظيم الذرات واحدة واحدة بالطريقة التي نحتاج إليها؟"، وأجاب "فينمان": "بأنه سيكون لدينا عدد هائل من التطبيقات التقنية، حيث سيمكن للعلماء الحصول على أسلاك قطر كل منها عشر ذرات، ودوائر كهربائية من سبع ذرات، واستخدام طرق وأساليب صناعية جديدة"[(5)].

ولم يتوقع "فينمان" أن يتوصل العلماء إلى طريقة لتحريك الذرات إلا في مستقبل بعيد، لكن بعد أقل من عقدين، استطاع العلماء تحويل أفكار وتصورات "فينمان" إلى حقيقة واقعة، ففي عام 1989، تمكن الباحثون بقيادة عالم الفيزياء الأميركي دونالد إيجلر Donald Eigler في مختبر فرعي في زيورخ بسويسرا تابع لإحدى شركات الإلكترونيات العالمية العملاقة "آي بي أم" IBM، وباستخدام "المجهر النفقي الماسح" The Scanning Tunneling Microscope الذي اخترعه عام 1981 العالمان الألماني "جيرد بينيج" Gerd Binnig، والسويسري "هنريش روهرير" Heinrich Rohrer، وحصلا به على جائزة "نوبل" في الفيزياء عام 1986، (أنظر الشكل 1).

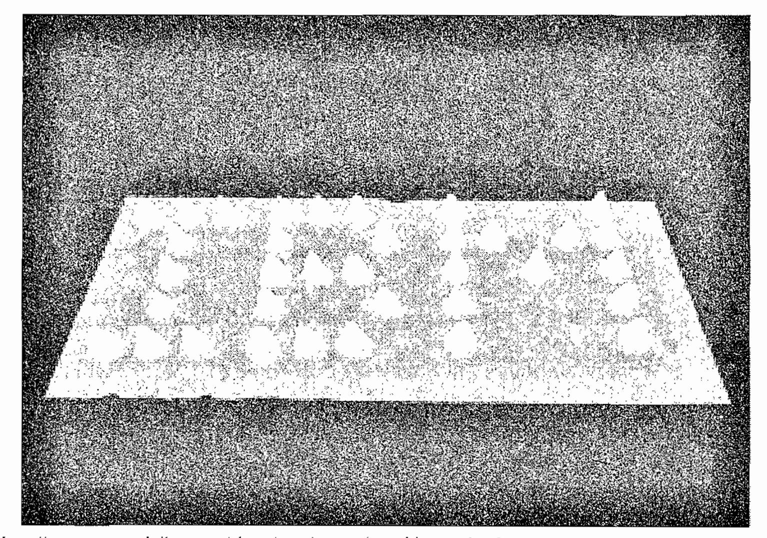
فقد تمكّن الباحثون بواسطة هذا الميكروسكوب الإلكتروني من صنع أصغر إعلان في العالم، حيث استخدموا 35 ذرة من عنصر الزينون Xenon في كتابة اسم الشركة ذي الحروف الثلاثة I.B.M. فوق سطح من النيكل البلوري Crystal Nickel، (أنظر الشكل 2).

ولقد أتاح هذا الميكروسكوب لأول مرة في تاريخ العلم الحصول على صور للجزيئات والذرات وإمكان التأثير عليها وتحريكها من مواضعها لبناء تركيبات جديدة للمادة أو لإنتاج مواد جديدة لم تكن



http://www.research.ibm.com/about/top_innovations_history.shtm

شكل (1): المجهر النفقي الماسح ومخترعاه العالمان الألماني جيرد بينيج (يمين) والسويسري هنريش روهرير



http://www.research.ibm.com/about/top_innovations_history.shtml

شكل (2): استخدام المجهر النفقي الماسح في صنع أصغر إعلان في العالم، باستخدام 35 ذرة من عنصر الزينون في كتابة اسم شركة IBM العالمية

معروفة من قبل. فقدا أتاح هذا المجهر فرص التعامل المباشر مع الذرات ليفتح الباب واسعاً أمام عالم النانوتكنولوجي بتطبيقاته المذهلة، والمجهر النفقي الماسح هو عبارة عن آلة لها إبرة رأسها معدني وحاد جداً، مخصصة للتصوير على السطوح، وتستخدم هذه الإبرة ليس فقط للكتابة والتصوير، بـل أيضاً لتحريك الذرات الواحدة تلو الأخرى، حيث يتم تقريب الإبرة من الذرة المطلوب تحريكها، فتنتزعها، ثم يتم سحبها للمكان المطلوب علـى طـول السـطح، وبإجراء هذه العملية مراراً وتكراراً وبطريقة منظمة، يمكن بناء تراكيب في المقياس الذري وبصورة دقيقة[6].

ولقـد برز مصطلح "النانوتكنولوجي" لأول مرة في عام 1974، على يد الباحث الياباني "نوريو تانيغوتشي" Norio Taniguchi، ليصف به طرق ووسائل وتصنيع وعمليات تشغيل عناصر ميكانيكية وكهربائية متناهية الصغر. ويعرف "تانيغوتشي" النانوتكنولوجي بأنها خلق تقنيات قادرة على تحقيق درجات عالية من الدقة في وظائف وأحجام وأشكال السلع والأجهزة ومكوناتها، أي التحكم في وظائف الأجهزة المستعملة في مجـالات الطب والأدوية والصناعة والزراعة والهندسة والاتصالات والدفاع والفضاء وغيرها، وذلك من خلال اختزال مكوناتها في شرائح صـغيرة تـؤدّي إلى قمة في الدقة والأداء، إضافة إلى مرونة الاستعمال والنقل والتخزين[7].

ويعتبر عالم الفيزياء الأميركي إريك دريكسلر Eric Drexler، هـو المؤسس الفعلي لعلم النانوتكنولوجي، ففي عام 1986 نشر كتاباً بعنوان "محركات الخلق أو التكوين" Engines of Creation، شرح وبـسط فـيه الأفكار الأساسية لهذا العلم، كما عرض أيضاً للمخاطر الكـبرى المصاحبة له، فقد تصوّر دريكسلر وقتاً سيكون فيه بالإمكان وضـع روبـوتات مـصغرة جداً ذاتية الاستنساخ في وعاء لمواد خام

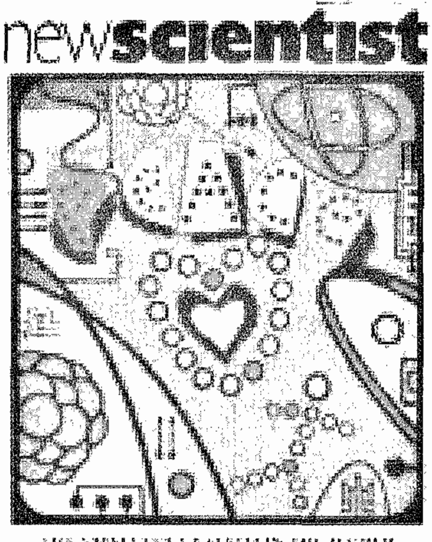
وتــركها تتكاثر قبل أن تقوم بتجميع ما برمجت على تصنيعه. وتتمثّل الفكرة الأساسية لكتاب "دريكسلر" في أن المكونات الأساسية للكون هي الذرات والجزيئات Atoms & Molecules، وأنه لا بد من نشوء تكنولوجيا للسيطرة على هذه المكونات الأساسية، وإذا تمكنّا من معرفة تــركيب المواد، فإنه يمكن صناعة أي مادة أو أي شئ بواسطة رصف مكــوناتها الذرية ورصّها الواحدة إلى جانب الأخرى، وللسيطرة على الــذرة الواحدة والجزيء الواحد نستخدم "الرواصف" أو "المجمعات" Assemblers، والراصــف هو روبوت (إنسان آلي) Robot متناهي الــصغر، لا يُرى بالعين المجردة ولا يزيد حجمه عن حجم الفيروس أو البكتيريا، ويملك الراصف أيدي تمكّنه من الإمساك بالذرة أو الجزيء، ممــا يعطــيه القدرة على تفكيك أي مادة إلى مكوناتها الذرية الأصغر، وكــذلك يستطيع رصف الذرات الواحدة قرب الأخرى لصناعة كل شــيء انطلاقاً من أي شيء تقريباً، ومثل أي روبوت، فإنه مزوّد بعقل إلكتــروني (كمبيوتر) يدير كل أعماله، ويتحكم البشر بالرواصف عبر تحكمهــا بالكمبيوترات التي تدير الرواصف وبرامجها. فمثلاً يمكن تخيل "راصف طبــي" بحجم فيروس لملاحقة بكتيريا تسبب أمراضاً للإنسان، حــيث يمكــن حقن مجموعة من تلك الرواصف في دم مريض مصاب بمرض عجز الطب عن علاجه، بعدها تلاحق الرواصف البكتيريا لتفتك بهــا، محققة الشفاء للمريض. ويشير "دريكسلر" في كتابه أيضاً إلى أن الرواصــف لديها القدرة على إنتاج نسخ مشابهة لها، أي القدرة على التكاثر (التوالد)، وبتطور علم الذكاء الصناعي، تصبح هذه الرواصف ذكية فتستفيد من خبراتها وتستقل تدريجياً عن صانعيها وتستغني عنهم، ويتساءل "دريكسلر" ماذا لو خرجت هذه الرواصف عن كل سيطرة، فيقول يمكن في هذه الحالة أن تبيد كل أشكال الحياة على الأرض[8].

وفي عــام 1989 قــام العالم دريكسلر بإنشاء معهد "فورسايت للنانوتكنولوجــي" Foresight Nanotech Institute، في بالو ألتو Palo Alto بولاية كاليفورنيا الأميركية، وهي مؤسسة لا تسعى للربح، هــدفها توعــية الرأي العام بخصوص نتائج التقدم في النانوتكنولوجي، والمساعدة في إعداد وتهيئة المجتمعات لهذه التكنولوجيا المتقدمة والمتوقعة. وهــذه المؤسسة قائمة على الاعتقاد في أن النانوتكنولوجي ستغير كل جانب من جوانب حياة الإنسان، وذلك بمنح البشر قدرة السيطرة على المــادة. ولدى أعضاء مؤسسة "فورسايت" رؤية أوسع نطاقاً للمستقبل تقــوم علــى أن آلات ذرية الحجم تسمّى "الرواصف أو المجمعات"، ســيكون لديها أذرع دقيقة يمكنها أن تحمل ذرات فردية وأن تجمعها، وبهــذه الطريقة يمكن للرواصف أو المجمعات أن تبني أي ذرة بذرة، بما فيها أي نسخة عن نفسها، ويمكن لآلة واحدة أن تستنسخ نفسها حتى يــصبح عددها كبيراً، ثم بواسطة إشارة تتوقف عن الاستنساخ وتباشر بــناء مــا تؤمــر به، ويقول أعضاء هذه المؤسسة، إنه إذا كانت هذه التكنولوجــيا تبدو خيالية، فيجب التطلع إلى نبات الزنبق Lily مثلاً، الــذي لا يتحــرك ولا يدور، ولكن هناك آلات جزيئية بداخله تحول الضوء والماء والتربة، للتحول إلى أوراقه الجميلة(9).

ويعتبر عام 1991، البداية الفعلية لانطلاق عصر النانوتكنولوجي، وذلك عندما اكتشف عالم الفيزياء الياباني "سوميو ليجيما" Sumio Lijima أنابــيب الكربون النانوية Carbon Nanotubes، المؤلفة من شبكة من الذرات الكربونية، في معامل أبحاث شركة NEC (Nippon Electric Company) للــصناعات الإلكتــرونية في اليابان، عندما كان يدرس الــرماد الــناتج عن عملية التفريغ الكهربــي بين قطبين من الكربون باســتخدام ميكروســكوب إلكتــروني عالي الكفاءة، حيث وجد أن

جـــزيئات الكربون تأخذ ترتيباً يشبه الأنابيب في داخل بعضها البعض. والأنابـــيب الـــنانوية عبارة عن أسطوانات من الكربون يقع قطرها في نطاق بضع نانوميترات، مما يعني الحصول على تركيب ذي بعد واحد، حـــيث إن النـــسبة بين طولها إلى قطرها تتجاوز عشرة آلاف، مما يمـــنحها خـــصائص إلكتـــرونية وميكانيكية فريدة، ويجعلها ذات إمكانـــات فائقـــة في مجالات تطبيقات واسعة، ولقد أمكن بواسطة التـــشكيلات النانوية الحصول على متانة أشد من الفولاذ بمقدار مئة مرة، وأخف منه في الوزن بمقدار 6 مرات، وأما الأنابيب المتداخلة فإنها تظهر خاصية فريدة، حيث يتحرك بعضها داخل بعض دون أية مقاومـــة تذكر، مما يجعلها مؤهلة لصناعة آلات مفيدة على المستوى النانوي(10).

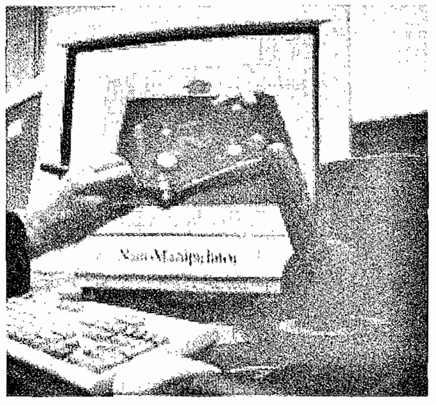
كمـــا أن عـــالم الفيـــزياء النظـــرية الأميركي العربـــي الأصل البروفيـــسور "مـــنير نايفـــة"، في جامعة إيلينوي الأميركية في إربانا – شامبين، الذي ارتبط اسمه برصد وتحريك الذرات المنفردة، قد استطاع في التـــسعينيات أن يرسم بواسطة الذرات صورة تمثل القلب والحرف الإنكليزي (P)، كأصغر حرف في تاريخ الخط، وبعرض خمسة بالمليون من المليمتر، وقد احتلت صورة القلب التي رسمها بالذرات غلاف المجلة العلمـــية البريطانية الأسبوعية الشهيرة "نيوساينتست" New Scientist عدد 7 آذار/مارس عام 1992. ويعدّ هذا الاكتشاف من الاكتشافات الـــثورية التي أسست لفرع جديد في الكيمياء يسمّى "كيمياء الذرات المنفردة" والذي يمهد بدوره لطفرة طبية سوف تسهم في علاج العديد مـــن الأمراض التي وقف العلم عاجزاً أمامها سنوات طويلة(11)، (أنظر الشكل 3).



شكل (3): غلاف مجلة "نيو ساينتست" العلمية البريطانية الشهيرة، عدد 7 آذار/مارس 1992، ويظهر عليه صورة القلب التي رسمها بالذرات البروفيسور منير نايفة

وفي عام 1991 تمكن الباحثان "وارين روبينيت، وستان وليامز" Warren Robinett & Stan Williams من جامعة نورث كارولينا الأميركية University of North Carolina في تشابل هيل Chapel Hill، من اختراع جهاز المعالج النانومتري (النانومانيبيولاتور) NanoManipulator، الذي يعد أحدث مجس حسي دقيق، حيث سمح للعلماء أن يلمسوا ويشعروا بالجزيئات متناهية الصغر، فقد مكّن هذا الجهاز العلماء من السباحة في عام متناهي الصغر عن طريق ارتداء منظار خاص، حيث تمكن العلماء من تكبير صور الدقائق والجسيمات والكائنات المتناهية في الصغر كالبكتيريا والفيروسات إلى أحجام تصل لحجم ملعب كرة القدم، كما تمكنوا من رؤية المناظر بطريقة طبيعية

ثلاثـــية الأبعاد والتفاعل معها، بل لقد قام أحدهم بوخز بعض البكتيريا الموجـــودة في بعض الأوساط الغذائية ووخز أنابيب الكربون النانوية، (أنظر الشكل 4).



شكل (4): جهاز المعالج النانومتري (النانومانيبيولاتور)
(www.cs.unc.edu)

يقول عالم الفيزياء "ريتشارد سوبرفاين" Richard Superfine في جامعة نورث كارولينا، والذي أشرف على الفريق البحثي المطور لجهاز النانومانيبيـــولاتور، بـــأن لديه هدفاً عملياً مهم للباحثين، يؤدِّي لتوفير الجهـــد والوقت والمال، حيث يمكنهم هذا الجهاز من عمل تجربة ما، ثم يلاحظون ويلمسون نتائجها فوراً، ويشاهدون مفرداتها على الطبيعة في ثوانٍ معدودة.

وعن إمكانية هذا الجهاز، يقول العالم "إيريك هينديرسون" Eric Henderson من جامعة ولاية أيوا الأميركية Iowa State University بعد زيارته لجامعة نورث كارولينا لاختبار هذا الجهاز، بأن هذا الجهاز يـــشعرك بأنك تطير بين الجزيئات، ويجعل الكروموسومات تبدو هائلة بأحجام مثل الجبال. ويقول العالم سين واشبرن Sean Washburn من جامعة نورث كارولينا، إن فريق جهاز النانومانيبيولاتور قد تعلّم كثيراً

مـــن القواعد الفيزيائية التي تحكم حركة الجسيمات الدقيقة، والتي منها أن الجـــزيئات الصغيرة لا تتأثر بالجاذبية، ولكنها تتأثر بشدة بالقوانين الفيزيائية الأخرى مثل اللزوجة.

والمعـــالج النانومتـــري، يـــشتمل على آلة تبدو مثل عصا قيادة السيارات، وتتصل هذه الآلة بكمبيوتر شخصي مزوّد ببطاقة رسم بياني متقدمة للغاية، تقوم بتحويل بيانات المجهر لتعرضها في الحال على هيئة صـــورة مجـــسمة ثلاثية الأبعاد ذات ألوان متعددة، يمكن تكبيرها إلى أحجـــام تـــزيد عن المليون ضعف، بالرغم من أنه لا يزيد حجمها عن بـــضع نانومتـــرات. وعن طريق هذا الجهاز يمكن تحسس سطح العينة مباشـــرة وبرقة، مما يمكن العلماء من أن يلمسوا ويشعروا بمعالم الأشياء الـــصغيرة الـــتي يقومون بدراستها، فقد شعر العلماء بالحواف الصغيرة والفجـــوات الموجـــودة في جـــزيئات البروتين، وبلزوجة بعض أنواع البكتيريا الممرضة، كما تمكن العلماء من دراسة أنابيب الكربون النانوية التي ستشكل أجزاء للآلات والأجهزة الإلكترونية، كما شاهد العلماء شـــجار الذرات داخل أنابيب الكربون النانوية، مما شجعهم للتفكير في عمل محركات صغيرة عن طريق حث هذه الأنابيب لتتحرك مثل أسنان الترس[(12)].

كيف تعمل النانوتكنولوجي:

مـــن المعروف أن الذرات والجزيئات هي وحدات البناء الأساسية لكل المواد في هذا الكون، فأجسامنا عبارة عن خلايا مكونة من تجمع لعـــدد هائـــل من الذرات مرتبة بطريقة معينة، وهذه الخلايا عبارة عن آلات نانوية طبيعية لا دخل للإنسان فيها، كما أن كل المواد الموجودة مكونة من ذرات مرتبة بطريقة معينة.

والآن أصبح بإمكان العلماء التحكم بدقة في ترتيب ذرات أي مادة من هذه المواد، وهذا باختصار هو ما تقوم به التقنية النانوية، فالنانوتكنولوجي علم هجين يعتمد على التداخل بين مختلف العلوم الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والميكانيكية والإلكترونية وعلوم المواد الهندسية وتقنية المعلومات، بهدف دراسة الهياكل البنائية للمادة فالذرات والجزيئات تلتصق ببعضها لأن أشكال بعضها يكون متمماً لأشكال الأخرى، أو بسبب الشحنات المتجاذبة، تماماً كالمغناطيس. فالذرة الموجبة الشحنة تلتصق بالذرة السالبة الشحنة. فإذا جمعت ملايين من هذه الذرات إلى بعضها بواسطة "آلات نانوية"، سيبدأ منتج محدد بأخذ شكله الخاص. إن هدف التقنية النانوية هو التعامل مع الذرات بشكل مفرد ووضعها في شكل محدد لتنتج البنية التي نريد.

وهناك 3 مراحل أساسية للوصول إلى مواد وآلات وأجهزة مصنعة بتكنولوجيا النانو، هي:

المرحلة الأولى: لكي يتمكّن العلماء من التأثير والتحكم بكل ذرة من ذرات المادة، قاموا بتطوير طريقة للإمساك بالذرات وتحريكها للمكان المطلوب، ففي عام 1989 تمكنت شركة IBM من كتابة اسم الشركة ذي الحروف الثلاثة على سطح معدني، بواسطة ترتيب 35 ذرة من ذرات عنصر الزينون على سطح بلورة من النيكل، وقد استخدم علماء الشركة في ذلك "المجهر النفقي الماسح".

المرحلة الثانية: هي تطوير آلات نانوية تسمّى "المجمعات أو الرواصف" Assemblers تبرمج مسبقاً لتتحكم في الذرات والجزيئات، ويحتاج "مجمع" واحد إلى آلاف السنين لتصنيع مادة من نوع واحد من الذرات، لهذا نحن نحتاج إلى ملايين من هذه المجمعات تعمل معاً، من أجل تصنيع جهاز أو آلة أو مادة.

المرحلة الثالثة: حتى يتمكن العلماء من تطوير ملايين المجمعات أو الرواصف، فإن أجهزة أو آلات نانوية تسمّى "المستنسخات" Replicators تكون مبرمجة لتبني هذه"المجمعات".

إن تريليونات من المُجمِّعات والمُستنسِخات قد تملأ ما هو أقل من المليمتر المكعب، ومع ذلك ستبقى صغيرة جداً بحيث لن نستطيع أن نراها بالعين المجردة. ستعمل المُجمِّعات والمُستنسِخات سوياً كالأيدي لتُنتج بشكل أوتوماتيكي منتجات مركبة، وستحلّ محل طرق العمل التقليدية، فتقلل بشكل واسع من تكاليف التصنيع، وبذلك تصبح السلع الاستهلاكية أكثر وفرة وأرخص وأقوى من ذي قبل[13].

طرق تصنيع المواد النانوية Nanomanufacturing:

تجدر الإشارة أولاً إلى أنه عند تصنيع مواد النانو، فإن الحجم الصغير ليس هو الهدف النهائي، فهناك خصائص ومظاهر أخرى تهم مصنعي المواد النانوية، هي:

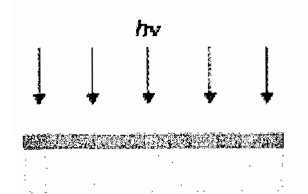
1. حجم المواد: Size، فالحجم مهم عندما تتعامل مع المواد النانوية، فمثلاً السيليكون النانوي عندما يكون حجم الجزيئات 1 نانوميتر، فإن السيليكون يشعّ لون أزرق، بينما إذا كان حجم جزيئات السيليكون 3 نانوميتر، فإنها تشعّ اللون الأحمر، وما بينها يشعّ اللون الأخضر، على عكس المواد عندما تكون bulk (المواد في حالتها الطبيعية أي صلبة) فالحجم غير مهم أي لا تتغير خصائص المادة مع اختلاف حجمها.
2. شكل المواد: Shape or Morphology، يجب أن تكون المادة المنتجة ذات شكل محدد وموحد، فعندما يتغير شكل المواد فإن خصائصها تتغير.

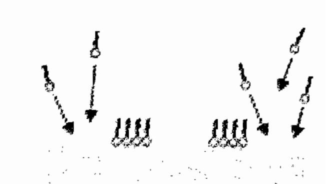
3. توزيع البعد: Size Distribution، بحيث تكون أبعاد المادة المنتجة متقاربة. هل التوزيع منتظم أم غير منتظم أو هل هي مستقرة أم لا.
4. تركيب المواد: Particle Composition، ويعني أن يكون التركيب الكيميائي لمادة النانو المنتجة متجانساً.
5. درجة التكتل (التجمع): Degree of Particle Agglomeration، هل هي متباعدة أم متقاربة، حيث يجب ألاّ يحدث تكتل لمادة النانو، وفي حالة حدوثه فإن خصائص المادة سوف تتغير.

وهناك عدة طرق لتصنيع المواد النانوية، وقد تمّ تصنيفها إلى طريقتين رئيسيتين، يندرج تحت كل منهما عدد لانهائي من طرق التصنيع، وهما:

الطريقة الأولى: من الأعلى إلى الأسفل "Top-Down Methods" حيث تبدأ من مادة كبيرة حتى نصل إلى الشكل والحجم المطلوب، وتقوم على تكسير المواد الكبيرة وتحويلها إلى مواد ذات بعد نانوي، فهي تبدأ من Bulk (المادة في حالتها الطبيعية أي صلبة) ثم يتم تكسيرها أو تصغيرها حتى تصل إلى قطع صغيرة جداً من مرتبة النانو، باستخدام طرق ووسائل فيزيائية (ميكانيكية) مثل الطحن Milling، والبرد Attrition، أو وسائل كيميائية مثل بعض الأحماض Acids.

الطريقة الثانية: من الأسفل إلى الأعلى "Bottom-Up Methods" وهي معاكسة تماماً للطريقة السابقة، حيث تبدأ انطلاقاً من الذرات أو الجزيئات ليتم فصلها عن بعض ثم تجميعها لتصل إلى مرتبة النانو والحجم والشكل المطلوب، باستخدام التفاعلات الكيميائية أو باستخدام طريقة تبادل المواد (أي مادة تتشكل منها مادة أخرى)[14]، (أنظر الشكل 5).





top-down vs. bottom-up

شكل (5): الطريقتين الرئيسيتين في تصنيع المواد النانوية
(Royal Society of Chemistry): www.rsc.org

أشكال مواد النانو:

من الممكن بناء وتصميم مواد النانو على هيئة أشكال مختلفة ومتعددة، منها ما يلي:

1. أنابيب النانو Nanotubes: عبارة عن أنابيب مجوفة يبلغ قطر كل أنبوب أقل من 100 نانومتر، وقد يصل طولها آلاف النانومترات، ومن أمثلة أنابيب النانو، أنابيب الكربون النانوية، وأنابيب السيليكون، وأنابيب التيتانيوم.
2. جزيئات (حبيبات) النانو Nanoparticles: وهي على عدة أشكال، ويكون أحد أبعادها أقل من 100 نانومتر. فقد تكون على شكل مكعب أو كروي أو بيضاوي أو نجمي.
3. النانو المركب (مركب من مواد النانو) Nanocomposite: وينتج من عملية توزيع أو انتشار مواد النانو داخل مواد عادية، على سبيل المثال يتم توزيع ونشر أنابيب الكربون النانوية داخل بعض المواد البلاستيكية، ليتم الحصول على نانو مركب له خصائص فائقة.
4. الأفلام (الأغشية) الرقيقة Thin Films: وهي عبارة عن طبقة رقيقة من مادة معينة، يبلغ سمكها أقل من 100 نانومتر، أما طولها

وعرضها فقد يكون بالميكروميتر، وتستخدم هذه الطبقات الرقيقة في مجال أشباه الموصلات مثل السيليكون وسبائك الذهب.

5. قضبان النانو Nanorods: وتشبه أنابيب النانو، إلا أنها مصمتة وأقصر منها، ومن أمثلتها قضبان الذهب والبلاتين وأوكسيد الخارصين(15).

أهمية علم النانوتكنولوجي وحجم الاستثمارات:

ترى دول العالم الآن أن المستقبل سوف يكون لتكنولوجيا النانو ومنتجاتها، وتكمن أهمية هذه التقنية الحديثة في كونها غير مكلفة، مقارنة بباقي التقنيات التقليدية وعوائدها الاقتصادية مرتفعة للغاية. فهي تمثل مزيجاً بين العلم والتكنولوجيا، يتم توجيهه نحو التطبيقات العملية، حيث يبدأ عملها من المكونات الأساسية للمادة وهي الذرات والجزيئات، مما يجعل تأثيرها على جميع مجالات العلوم والتقنية، ولتصبح مجالاً لميادين عديدة من التخصصات العلمية والتطبيقية، فتتشابك وتتداخل فيها العلوم الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والميكانيكية والإلكترونية وعلم المواد وتقنية المعلومات، لذلك ينشط في مجال النانوتكنولوجي علماء من تخصصات مختلفة، بينهم علماء فيزياء وكيمياء ومهندسون وخبراء مواد وعلماء أحياء. وأصبحت هذه التقنية الجديدة تحمل وعوداً ضخمة لتطبيقات نانوية عديدة ومتزايدة في مختلف مجالات العلم والبحث والتطوير، حيث يرى العلماء أن النانوتكنولوجي هي التي سترسم صورة العالم خلال الثلاثين عاماً القادمة، بالإضافة إلى أنها ثورة تكنولوجية جديدة ستغير أوجه الحياة تغييراً جذرياً.

ومن المحتمل أن يغير البحث والتطور في مجال النانوتكنولوجيا الممارسات التقليدية في تصميم وتصنيع مجموعة واسعة من المنتجات والسلع، بدءاً بالسلع الاستهلاكية والإلكترونيات والكمبيوتر

والمعلومات والتكنولوجيا الحيوية، مروراً بالدفاع الجوي والطاقة والبيئة، وصولاً إلى الطب والتجميل، وستتأثر قطاعات الاقتصاد كلها في العمق بتكنولوجيا النانو.

حـــول أهمـــية علم النانوتكنولوجي يقول عالم الفيزياء الأميركي "إدوين توماس" Edwin Thomas، مدير معهد النانوتكنولوجيا للجنود Institute for Soldier Nanotechnologies في معهد ماساتشوستس للتكنولوجـــيا الأميركي الشهير MIT، بأن النانو شئ مهول وذو فوائد عظـــيمة للبـــشرية، فهو علم مستقل ويقع في الأهمية في موضع مواز للكهرباء والترانـــزستور والإنترنت والمضادات الحيوية، والعلماء بحاجة إلى فهـــم أوســـع وأدق لعـــالم هذه التقنية والمجالات التي تفيد فيها أو تستخدم من خلالها، ويصف "توماس" النانو بأنه عالم نجهل عنه الكثير، يقع بين مستوى المادة على هيئة ذرة لا تلمس ولا ترى، وبين مستوى المادة على هيئة كتلة ملموسة ومرئية. فتكوين خلايا النانو من مادة ما يجعلـــها تملـــك من الخصائص وتتفاعل بطريقة مغايرة لما تقوم به كتلة مـــرئية وملموســـة لنفس المادة، وعند مستوى النانو تكون المادة أقوى وأخـــف وأكثـــر قدرة على الذوبان في الماء وأقدر على مقاومة تأثير الحـــرارة وأكثر قابلية لتوصيل الحرارة، ويستطرد "توماس" شارحاً أن خلية نانو من الذهب مثلاً ليس لها اللون الذهبـــي بل أطياف من ألوان شـــتى تخـــتلف كلما زادت كتلة الخلية، وهو ما يستخدمه مثلاً صانعو الزجاج لإعطائه ألواناً مختلفة دون علم منهم بتقنية النانو[16].

وتعـــتمد تكنولوجـــيا النانو في الوقت الحالي على أجهزة معقدة وضخمة هي المجمعات الجزيئية،Molecular Assemblers التي تعمل كأيـــاد ميكروسكوبية تقوم بتفكيك المادة إلى الجزيئات الأساسية، ثم تقـــوم بإعـــادة تركيب هذه الجزيئات مع بعضها البعض لتكون المادة

الجديـــدة أو البناء الجزيئي الجديد، وتلعب تطورات النانو دوراً بالغاً في نـــضوج التقنيات المجمعة ذاتياً Self-assembly التي ستشكل في القرن الحالي القاعدة الأساسية لصناعات الأشياء من الأجهزة الإلكترونية إلى أدوات صناعة السيارات إلى صناعة الملابس، كما تساهم في خلق مواد جديـــدة خفـــيفة وقوية. أي أن دور النانوتكنولوجي يتمثل في تطوير تقنـــيات تعني بطبيعة المادة ومكوناتها وكيفية التلاعب والسيطرة عليها لخالـــق تطبـــيقات عملية في العالم الحقيقي. فالهدف الأساسي للبحوث العاملـــة في مجـــال النانو، هو بناء دوائر إلكترونية من أعداد هائلة من المكـــونات أو الأجزاء المجمعة ذاتياً، واحتواء هذه الدوائر على مكونات بقياســـات الـــنانو، تمكن الرقائق المصنعة بطريقة التجميع الذاتي على تكامل كثافة عالية من الأجزاء الأولية والأساسية لرقائق المستقبل. ففي مجال الكمبيوتر ننتظر رقيقة إلكترونية جديدة مساحتها 1سنتمتر مربع، ولكـــنها قادرة على تخزين "كوادرليون" quadrillion حرف، (أي واحد وبجـــواره 15صـــفراً)، أو ما يعادل ألف تيرا بايت Terabytes، والتي تعـــادل ألـــف مليون ميغابيت. وبمعنى آخر إمكانية تخزين كل المعرفة البشرية المسجلة حتى الآن على هذه الشريحة الإلكترونية الجديدة، وهو مـــا يعـــني أنه سيمكنك أن تحمل في سلسلة مفاتيحك أو في تليفونك المحمول كل المعرفة البشرية وتستطيع توظيفها واستخدامها، بمعنى آخر أن كـــل إنـــسان سيـــستطيع أن يحمل بين أصابعه جهاز سوبر سوبر كمبيوتر، ويمكن استخدامه في العديد من المهام.

وتـــذهب تطبـــيقات النانوتكنولوجي إلى أبعد من أشباه الموصلات والكمبيوتـــر، لتؤثـــر بشكل فعال في كافة مجالات الحياة، وتعدنا بمصادر جديـــدة للطاقـــة النظيفة وأنظمة للسيطرة على التلوث، ومجسات مجهرية وآلات تـــوزع الـــدواء تعمـــل داخل جسم الإنسان لاكتشاف ومعالجة

الأمـــراض وبخاصة المستعصية منها، فيمكن أن تدخل هذه الآلات جسم الإنـــسان لرصد مواقع السرطان، ثم تصنع وتولد أدوية لمقاومة السرطان في نفس المكان دون أي آثار جانبية ناتجة عن التغييرات الكيماوية التي تحدثها الأدويـــة. وتعد النانوتكنولوجي بتطورات هائلة في مختلف مجالات وميادين العلـــوم بصورة تفوق الخيال، فمع التحسن المتوقع للآلات متناهية الصغر بأبعـــاد الجزيئيات، تنبأ عالم الفيزياء الأميركي "إريك دريكسلر" في كتابه "محـــركات الخلق أو التكوين"، بأن الآلات متناهية الصغر سوف تبني في المـــستقبل ناطحات سحاب، لأنها لن تكتفي ببناء تنويعة واسعة من المواد، بل ستكون قادرة أيضاً على إنتاج نسخ من نفسها بأعداد لا حصر لها.

لهذا فإن النانوتكنولوجي وأبحاثها تحتل أبواباً كاملة في العديد من المجلات والدوريات والمطبوعات العلمية العالمية، كما تشهد العديد من المؤتمـــرات والـــندوات وورش العمل، فقد ذكرت مجلة "عالم الفيزياء" الـــشهرية في عدد آب/أغسطس 2008 أن الصين قد تجاوزت بريطانيا وألمانـــيا في عدد الأبحاث الفيزيائية المنشورة، مشيرة إلى أنها على وشك تجاوز الولايات المتحدة.

وأشارت الدورية إلى زيادة المقالات المنشورة في مجال تكنولوجيا الـــنانو، والتي شارك في إعدادها عالم واحد على الأقل مقيم في الصين، إلى 10 أضعاف منذ بدء الألفية، لتصل إلى أكثر من 10500 عام 2007 . وأكدت الدورية أنه إذا استمر إنتاج الصين في الزيادة بسرعته الحالية، فستنتـــشر عـــدداً أكبر لأبحاث الفيزياء، بل وكافة مجالات العلوم، من الولايات المتحدة بحلول عام 2012[17].

وتعـــد الصين الآن واحدة من دول العالم الرائدة من حيث عدد الشركات المسجلة حديثاً في مجال صناعة النانو وعدد براءات الاختراع المـــتعلقة بها، وتركز الصين في مجال النانوتكنولوجي على الابتكارات

والمنتجات الجديدة، حيث تمتلك ثلاثة مراكز وطنية في تكنولوجيا النانو، هي المركز الوطني لعلوم وتقنيات النانو في بكين، ويعد المركز الرئيسي لعلوم وأبحاث النانو، ومركز شنغهاي الوطني لتطوير وتسويق تقنية النانو، ويتعاون معه 7 جامعات وبعض المعاهد و9 شركات خاصة، ويهدف إلى إنتاج منتجات نانو جديدة للأسواق، ومركز تيانجين الوطني لمنتجات النانو التجارية، ويعني خصيصاً بتصنيع وتجارة منتجات النانو. كما أن هناك عدداً من المراكز الجامعية والمحلية المتداخلة في الأبحاث الخاصة بالنانوتكنولوجي، فهناك أكثر من 300 مؤسسة تعمل في البحث والتطوير في مجال صناعة النانو، كما أن هناك أكثر من 7000 عالم يعملون في هذا المجال، هذا بالإضافة إلى وجود أكثر من 800 شركة تعمل في مجال تقنية النانو، الأمر الذي أدّى إلى وصول الصين إلى مستويات متقدمة عالمياً في مجال صناعة النانو[18].

وتتنافس جميع دول العالم الآن وبخاصة المتقدمة منها في تخصيص ميزانيات ضخمة متزايدة للبحث والتطوير والاستثمار بشدة في هذه التكنولوجيا الواعدة، ضمن مبادرات قومية وخطط بحثية متقدمة تحظى بأولوية التمويل والرعاية الرسمية من حكومات هذه الدول، فعلى سبيل المثال بين عامي 1997 و2005، قفز استثمار حكومات دول العالم في أبحاث وتطوير النانوتكنولوجي من 432 مليون دولار إلى 4.1 بليون دولار، وتتنبأ مؤسسة العلوم القومية الأميركية بأن سوق خدمات النانوتكنولوجيا ومنتجاتها سيصل إلى التريليون دولار عام 2015[19].

وفي الولايات المتحدة وأوروبا وأستراليا واليابان، برزت مبادرات عديدة تتمحور حول دراسات أجرتها الحكومة وأفراد القطاع الخاص من أجل تكثيف البحث والتطور في مجال تقنية النانوتكنولوجي، وقد قامت هذه الدول باستثمار مئات ملايين الدولارات في هذه التقنية،

وفي آذار/مـــارس 2007، أعلـــن "معهد لوكس للبحث والتطوير" في نيويورك، المتخصص في دراسة أسواق النانوتكنولوجي، عن نتائج بحث أجراه لتحديد الدول الرائدة عالمياً في النانوتكنولوجي من بين 14 دولة، وذلـــك مـــن خـــلال دراسة مستويات الإنفاق على هذه التكنولوجيا الحديثة من قبل الحكومات والشركات الخاصة، وحجم وجودة مراكز دراسة تكنولوجيا النانو التابعة للحكومات والجامعات، والبراعة الفائقة الـــشاملة لتطويـــر تكنولوجيا النانو، وقد توصل المعهد إلى أن الدول الـــريادية في النانوتكنولوجي هي، الولايات المتحدة، واليابان، وألمانيا، وكوريا الجنوبية، وأن الصين والهند وروسيا قد بدأت في تقليص الفجوة بينها وبين هذه الدول[20].

ويعـــني هذا أن هناك سباقاً هائلاً بين الدول المتقدمة في هذا المجال الحـــيوي الذي سيقرر ترتيب الدول في سلم التقدم لعقود عديدة، كما ســـيحدد مستقبلها في مختلف المجالات الصناعية والاقتصادية والسياسية والاجتماعية، فهذه التكنولوجيا تمثل ثورة علمية وتكنولوجية جديدة، تفتح آفاقاً واسعة لمن يملك مفاتيحها، وتحمل تطبيقاتها نتائج إيجابية إن تم استخدامها لخير البشرية، وقد تكون مصدر شرور إن استخدمت في ســـاحات الحـــرب والقتال، فمن الممكن صناعة أسلحة فتاكة متناهية الـــصغر، تقوم أعداد كبيرة منها بمهاجمة مواقع الأعداء وتدميرها. وقد أشـــار لذلك رئيس الولايات المتحدة السابق "بيل كلينتون" عندما قال إن تكنولوجـــيا النانو هي التي ستحدد في السنوات المقبلة أهم الفروق بين الدول المتقدمة والدول النامية.

ومـــن المحـــتمل أن يغير البحث والتطور في مجال النانوتكنولوجيا الممارســـات التقلـــيدية في تصميم مجموعة واسعة من السلع الهندسية وتحليلها وتصنيعها.

فبدءاً بالسلع الاستهلاكية والإلكترونيات والكمبيوتر والمعلومات والتكنولوجيا الحيوية، مروراً بالدفاع الجوي والطاقة والبيئة وصولاً إلى الطب والتجميل، ستتأثر قطاعات الاقتصاد كلها في العمق بتكنولوجيا النانو.

فالـــصناعات التي ستدخل فيها تكنولوجيا النانو، ستمحو من الأسواق جميع الصناعات المنتجة بالتكنولوجيا والأساليب التقليدية الحالـــية، لأنها ستكون أفضل منها وأرخص وأقل استهلاكاً للطاقة وللمـــواد وأكثر نظافة لأنها لا تلوث البيئة، كما ستكون أكثر قوة ومتانة منها بمئات المرات.فمثلاً أجهزة الكمبيوتر المصنعة بتكنولوجيا الـــنانو، ستكون أقوى بمئات الآلاف من المرات من أقوى الأجهزة المـــستخدمة حالياً، وأيضاً ستكون أكثر سرعة وأصغر منها بكثير، بحيث يمكن وضعها في الجيب، لأن حجمها سيكون بحجم سنتيمتر مكعب واحد.

فعلـــى ســـبيل المـــثال أعلـــنت الـــولايات المتحدة أن خططها للنانوتكنولوجـــي تعتـــبر نـــواة الثورة الصناعية القادمة، كما ارتفعت مساعدة حكومتها المالية لبحوث النانوتكنولوجي من 497 مليون دولار عـــام2001 إلى 1.3 بليون دولار في العام2007[21]. وتجدر الإشارة إلى أن وكالـــة الفـــضاء الأميركية (ناسا) تنفق أكثر من40 مليون دولار سنوياً على هذه التقنية، كما خصص المعهد القومي الأميركي للسرطان 144مليون دولار على خمس سنوات لدراسة استخدام النانوتكنولوجيا في تـــشخيص السرطان والسيطرة عليه وعلاجه، كما قامت الولايات المـــتحدة عام 2006 بإنشاء مركز رئيسي لبحوث النانوتكنولوجي هو "المركـــز الحـــسابـــي لابتكارات النانوتكنولوجي" في "معهد رينسلر للعلوم التطبيقية"، بميزانية بلغت أكثر من 100مليون دولار، ويعد أكبر

مركـــز جامعـــي للكمبيوترات المتفوقة (أي الأضخم حجماً والأكثر سرعة)، وأحد المراكز العشرة الأكبر على مستوى العالم[22].

كما أن الحكومة الإسرائيلية تهتم كثيراً بمجالات البحث والتطوير في النانوتكنولوجـــي، ولهذا فهناك استثمارات قوية في علوم النانو، فقد أعلـــنت إسرائيل عام 2001عن مبادرتها القومية للنانوتكنولوجي، وفي عـــام 2006 أعلـــنت الحكومة الإسرائيلية، أنها تخطط للاستثمار بقيمة 230 مليون دولار للبحوث والتطوير في النانوتكنولوجي لخمس سنوات قادمة، وقد أنشأت إسرائيل في عام 2005 معهد جديد للنانوتكنولوجي في التخنيون – معهد إسرائيل للتكنولوجيا باستثمارات بلغت 88 مليون دولار، وقـــال المـــسؤولون من "التخنيون" ووزارة الصناعة والتجارة والتوظـــيف إن هذا المعهد يعد أكبر مركز بحوث جامعي للنانوتكنولوجي في إسرائيل[23].

كمـــا أن الـــرئيس الروسي السابق "فلاديمير بوتين" قد أشار إلى جديـــة الخطـــوات التي تقوم بها روسيا في مجال النانوتكنولوجي، فقد صـــرح في اجـــتماع عقده في "معهد كورتشاتوف للبحوث النووية" بموســـكو في نيـــسان/أبـــريل عام 2007، أن أولوية التمويل ستكون للـــبحوث والتطويـــر في النانوتكنولوجي التي تعتبر تكنولوجيا المستقبل القـــادرة على حل الكثير من المشاكل التي تواجه البشرية. فقد أعلنت الحكومة الروسية عن تخصيص 7.7 بليون دولار لمجال النانوتكنولوجي حـــتى عام 2015. وقال النائب الأول لرئيس الوزراء الروسي "سيرغي إيفانـــوف" في كلمـــته أمام "المجلس الحكومي للنانوتكنولوجي"، بأن روسيا مستعدة لدعم النانوتكنولوجي بكل ما بوسعها لأنها على أبواب ثـــورة حقيقية قادرة على تغيير كل المفاهيم. كما أشار "إيفانوف" إلى أن تطويـــر واســـتخدام تقنـــيات النانو يشكلان إمكانية إقامة اقتصاد

حـــديث ورفـــع مـــستوى معيشة السكان وضمان أمن البلاد. وذكر "إيفانـــوف" أنه سيتم تحويل مبلغ 5 بليون دولار إلى حساب "المؤسسة الروســـية للنانوتكنولوجي" قبل نهاية العام 2007، مشيراً إلى مشاركة رجال الأعمال أيضاً في هذا المشروع[24].

وقـــال العـــالم "بيتر سنجر" من مركز مكلفلان للصحة العالمية وأســـتاذ الطـــب في جامعة تورنتو الكندية، في ورقة بحثية نشرها عام 2005 بعـــنوان "تكنولوجـــيا النانو والعالم النامي"، إن "وزارة العلوم والتكنولوجـــيا الهندية" تنفق 20 مليون دولار في الفترة الممتدة من العام 2004 حـــتى العـــام 2009 على مبادرة خاصة بعلم وتكنولوجيا المواد متناهية الصغر، وتحتل طلبات تسجيل براءات الاختراع الصينية في مجال النانوتكنولوجـــي المـــرتبة الثالـــثة عالمياً، بعد طلبات الولايات المتحدة والـــيابان، وقد قدرت الميزانية المخصصة لعلم النانوتكنولوجي في الفترة الممتدة من العام 2004 حتى العام 2007 بحوالى 25 مليون دولار. وجاء في الـــورقة العلمـــية التي نشرها "سنجر" أن مبادرة جنوب أفريقيا في النانوتكنولوجي تشكل شبكة قومية من الباحثين الأكاديميين العاملين في مجـــال النانوتكنولوجـــي، كمـــا أن هناك دولاً نامية أخرى نشطة في النانوتكنولوجي مثل تايلاند والفلبين وتشيلي والأرجنتين والمكسيك[25].



الفَصْلُ الثَاني

النانوتكنولوجي في أعمال الخيال العلمي

لعب الخيال العلمي science fiction – وما زال – دوراً مهماً في تحقيق الكثير من الاكتشافات والإنجازات العلمية، التي كانت في كثير من جوانبها أحلاماً وخيالات في أذهان الأدباء والعلماء الذين حاولوا بخيالهم الخصب استشراف آفاق المستقبل واقتحام عوالمه المغلقة، فالكثير من الاكتشافات العلمية والتكنولوجية التي تحققت خلال النصف الثاني من القرن العشرين، قد سبق التنبؤ بها في كتابات الخيال العلمي منذ أواخر القرن التاسع عشر، فلو نظرنا إلى الحقائق العلمية التي نحياها اليوم مثل الهبوط على سطح القمر واستكشاف الفضاء وصناعة الروبوت واستخدام أشعة الليزر والنانوتكنولوجي وزراعة الأعضاء البشرية وأطفال الأنابيب وتطبيقات الهندسة الوراثية والعلاج الجيني والاستنساخ، وغيرها، لوجدنا أن كل هذه الحقائق والإنجازات كانت – يوماً ما – خيالات تداعب أذهان العلماء والأدباء، لذلك يمكن القول بأن كتاب الخيال العلمي هم عيون البشرية نحو المستقبل.

ويتناول أدب الخيال العلمي التقدم العلمي والتكنولوجي ومنجزات التقنية وتطورها، الصالح منها والضار، من خلال أحداث درامية، وينطلق هذا الأدب من حقيقة علمية ثابتة أو متخيلة، لتكشف عن جانب مجهول من الكون أو لتصف حياة البشر في المستقبل القريب

أو البعـــيد، أي أنه خيال قائم على فرضيات علمية يمكن تحقيقها، كما أنـــه يـــشكل منطلقاً أساسياً في تكوين صور ذهنية جديدة في أذهان الأفراد لما ستكون عليه الأشياء في المستقبل الأمر الذي يدفعهم إلى تعلم المزيد عنها، والسعي حثيثاً نحو وضع هذه الصور موضع الحقيقة[1].

وتتميز أعمال الخيال العلمي على اختلاف أجناسها وأشكالها بما فيها الرواية والقصة والفيلم السينمائي والكتب الكاريكاتورية والبرامج الإذاعـــية والتليفزيونية بالقدرة ليس فقط على إعطاء الفرد فرصة كبيرة للتخـــيل والاكتشاف والابتكار والإبداع وإنما أيضاً بإمداده بالوسيلة المناســـبة لكـــي يتفحص ويختبر الأبعاد المختلفة والنتائج المحتملة للعلم والتكنولوجـــيا، مـــثل الأبعـــاد الاجتماعية والأخلاقية والسياسية والاقتـــصادية وحتى الفلسفية والسلوكية والشخصية منها. وتعتبر تقنية النانو من أبرز الموضوعات التي يوليها الخيال العلمي اهتماماً كبيراً منذ الثمانيـــنات من القرن الماضي، نظراً للعلاقة الفضولية التي يتقاسمها الطرفان كما يؤكد عالم الفيزياء الأميركي "إريك دركسيلر" Eric Drexler في كـــتابه عام 1986 بعنوان "محركات الخلق: العصر القادم للنانوتكنولوجيا" Engines of Creations: The Coming Era of Nanotechnology[2]. وفي تقديم المخترع الأميركي "مارفن مينسكي" Marvin Minsky أستاذ الرياضيات والذكاء الصناعي في معهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا لهذا الكـــتاب قال "إن من أبرز المحاولات الناجحة للتنبؤ بإلى أين سيأخذنا العلـــم والتكنولوجيا تلك التي قدمها كتاب الخيال العلمي أمثال جول فـــيرن، هـــــ. جـــ. ويلز، روبرت هينلين، فريدريك بوول، إسحاق ازيموف وآرثر سي كلارك". وليس هناك أدنى شك أنه توجد ثمة اتفاق واضـــح بين كتاب الخيال العلمي من جانب وبين العلماء والباحثين في مجال علوم وتكنولوجيا النانو من جانب آخر على أن هذه التكنولوجيا

سوف تحدث تغييراً جذرياً في حياة البشر في المستقبل القريب، بينما تختلف آراؤهم خاصةً في ما يتعلق بمدى وكيفية ونوعية هذا التأثير الذي ستحدثه هذه التقنية[3].

ويذكر أن النانوتكنولوجيا قد تنبأ بها العديد من العلماء وكتاب الخيال العلمي، حيث تشير الدراسات والبحوث الأكاديمية إلى أن البدايات الأولى لهذا العلم، قد تنبأ بها عالم الفيزياء الأميركي ريتشارد فينمان، وذلك في محاضرته الشهيرة بعنوان "هناك متسع كبير عند القاع" أمام جمعية الفيزياء الأميركية في 26 كانون الأول/ديسمبر عام 1959. ويعتبر عالم الفيزياء الأميركي إريك دريكسلر هو المؤسس الحقيقي لعلم النانوتكنولوجي، خاصة بعد أن نشر كتابه "محركات الخلق"، الذي يصنفه النقاد ضمن أعمال الخيال العلمي الرائدة في هذا المجال. ولكن تقنية النانو كغيرها من التقنيات سبق التنبؤ بها واكتشافها في أعمال الخيال العلمي منذ زمن طويل قبل أن يتم تطويرها في معامل الأبحاث والتطوير، حيث قام كتاب الخيال العلمي بالفعل بإجراء تجاربهم الفكرية على الورق وبخاصةً في ما يتعلق بالأبعاد الاجتماعية والأخلاقية للبحث والتطوير في مجال علوم وتكنولوجيا النانو، كما أبدى البعض منهم إعجابه بالنانو كقوة لديها إمكانية تغيير العالم - ذرة بذرة - محدثه ثورة في أسلوب وطرائق حياة البشر في هذا الكون، ويعتبر بعض نقاد الخيال العلمي أن تكنولوجيا النانو عنصراً أساسياً في مستقبل الخيال العلمي، ويؤكد هذه الفكرة أيضاً كلاً من "جاك دان" و"جاردنر دوزيوس" Jack Dann & Gardner Dozois في تقديمهما لمجموعة قصصية بعنوان "نانوتك" NanoTech، عام 1998 بقولهما: "إن النانوتكنولوجي موجودة ومقبولة بالفعل في الخيال العلمي وتمثل مكوناً مهماً من مكونات الرؤية الجماعية المشتركة بين كتاب الخيال

العلمــي وبخاصةً في ما يتعلق بما سيؤول عليه المستقبل، إلى الحد الذي يمكــن القــول بأنه إذا لم يتميز المجتمع المستقبلي الذي يتخيله الكاتب باســتخدامه للنانوتكنولوجيا، فعليه أن يوضح لماذا، حتى يمكن إعطاء عالمه المستقبلي مصداقية ما[4].

ولقــد لجأ الباحثون بالفعل لأعمال الخيال العلمي لدراسة الأبعاد الاجتماعــية والبيئــية والأخلاقية لعلوم وتكنولوجيا النانو، فعلى سبيل المثال قام كلاً من الباحثة "روزالين بيرن" Rosalyn Berne من جامعة فيرجينيا الأميركية، والباحث "جواشيم شومر" Joachim Schummer من جامعة دارمستا الألمانية Technical University of Darmstadt بإجــراء دراسة استخدما فيها الخيال العلمي كوسيلة تربوية لتدريس علم أخلاقيات علوم وتكنولوجيا النانو لطلاب كليات الهندسة، وتوصلا إلى أنه بمــساعدة اســتخدام أعمال الخيال العلمي مثل رواية "تواريخ النانوتك" The Nanotech Chronicals عــام 1991 للكاتب الأميركي مايكل فلين Michael Flynn، والتي تضم ستة قصص قصيرة، وبخاصة القصة الثانية في الرواية بعنوان "الغسالة عند فورد" The Washer at the Ford، تعتــبر نموذجاً مثالياً لتدريس أخلاقيات النانو، إذ تقدم مجموعة كبيرة ومتــنوعة من القضايا الأخلاقية التي قد تنجم عن البحث والتطوير في تكنولوجــيا النانو، وكذلك رواية الكاتب الأميركي "نيل ستفينسون" Neal Stephenson بعنوان "العصر الماسي" The Diamond Age عام 1996، التي تتناول الأمراض والمشاكل الاجتماعية جراء التقدم في مجال علوم وتكنولوجيا النانو، فقد تمكن الطلاب من الانتقال بأفكارهم وآرائهــم مــن حيز الواقع الفعلي إلى عوالم متخيلة، حيث استطاعوا التوصــل إلى إجابة عن أسئلة كثيرة والتعامل مع قضايا أخلاقية متعددة تتعلق بتكنولوجيا النانو، بطريقة تتسم بالإبداع والابتكارية، وبعد ذلك

يعودون إلى عالم الواقع ليجدوا أنفسهم أمام مشاكل حقيقية، حيث يتم التعامل معها بشكل أكثر سهولة، وبالتالي يمكنهم توجيه مسار هذه التكنولوجيا إلى الطريق الصحيح، والتعرف على وتحديد تأثيراتها الاجتماعية والأخلاقية والسياسية وغيرها على حياة البشر، وقد ساعدت هذه الطريقة الطلاب على تفادي قيود أسلوب حل المشكلات، والتركيز بشكل أكثر عمقاً على الأبعاد الأخلاقية والاجتماعية لعصر النانوتكنولوجي[5].

نماذج من مظاهر النانوتكنولوجي في أعمال الخيال العلمي:

قبل حديث ريتشارد فينمان 1959

يؤكد "مارك إريكسون" Mark Erickson في كتابه عام 2005 بعنوان "الثقافة والمجتمع في القرن الحادي والعشرين"، على أن أعمال الخيال العلمي على مختلف أنواعها وأشكالها التي تستخدم موضوعات تتعلق بعلوم وتكنولوجيا النانو - كأداة أساسية من أدوات الحبكة - قد أصبحت شائعة ومنتشرة[6]. وقد أظهر كتاب الخيال العلمي منذ زمن بعيد اهتماماً كبيراً بكل ما هو صغير، فمثلاً تعتبر قصة "الإله الميكروكوني"عام 1941 Microcosmic God لكاتب الخيال العلمي الأميركي "ثيودور ستيرجيون" (1918-1985) Sturgeon Theodor من بين أوائل الأعمال التي قدمت وصفاً حقيقياً لما يطلق عليه الآن النانوتكنولوجيا، فبطل القصة "جيمس كيدر" James Kidder، شغوف جداً بتقديم الاختراعات الجديدة، حيث يقوم بإجراء تفاعل كيميائي حيوي يتم عن طريقه تسريع أحد أشكال الانتقاء الطبيعي، وبهذا استطاع أن يخلق مجتمع من الكائنات الدقيقة جداً أطلق عليها اسم "نيوتريكس" Neoterics، وهي قادرة على النمو والتطور بصورة سريعة جداً، مما

مكـــنها مـــن إنتاج عجائب تكنولوجية مدهشة، ولكن هذه الكائنات حاولـــت بنجاح التحرر من سيطرة هذا الإله القاسي - كيدر - عن طـــريق بـــناء حاجـــز بينهم وبينه، مما ساعدهم على العمل في الخفاء. والتـــصوير الذي قدمه "ستيرجيون" في قصته يحذر من أن التطور على عكس التصميم قد يكون أسلوب ذو انعكاسات خطيرة لتطور الآلات النانوية وذلك لصعوبة التحكم فيها(7).

كمـــا أن قصة "التوتر السطحي" Surface Tension عام 1952 للكاتب الأميركي "جيمس بليش" (1975-1921) James Blish، تقدم نفس الفكرة، ولكن بنتائج مختلفة، فالقصة تصف كيف استطاع طاقم سفينة فضاء العيش بعد أن تحطمت سفينتهم فوق أحد قارات كوكب يتكون أغلبه من عدد كبير من المحيطات، ماعدا قارة واحدة تتميز طبيعتها بخصائص طبيعة البرك والمستنقعات والبحيرات، حيث لا يوجد أنواع راقية من الحياة، وقد تمكن طاقم السفينة من التغلب علـــى هـــذه الطبيعة القاسية والتكيف بهدف النجاة من الموت عن طـــريق "التـــصغير/الانكمـــاش" والتحول إلى "بشر ميكروسكوبيين" microscopic humans قادرين على استعمار برك ومستنقعات هذا الكـــوكب. وتـــصور القـــصة بأسلوب ممتع ومشوق مغامرات هؤلاء "الميكروبـــشر" الـــتي مكنـــتهم من إتقان علم البيوتكنولوجي (التقنية الحـــيوية). وتكمـــن فكرة القصة في القدرة على التحكم في مثل هذه الطبيعة القاسية جداً بفضل استخدام البيوتكنولوجي(8).

ويعـــد كاتـــب الخـــيال العلمـــي الأميركـــي "روبرت هينلين" (1988-1907) Robert Heinlein أول من قدم فكرة "الأذرع الميكانيكية الدقـــيقة"، وذلك في قصته "والدو" Waldo عام 1942، والتي استخدمت لاختـــبار المـــادة بمقاييس دقيقة جداً، حيث يقوم بطل القصة المخترع

"والدو" باختراع روبوت يمكن التحكم فيه عن طريق حركة اليدين، إذ يحاكي الروبوت حركة اليدين، ولكن بسرعة تصل إلى نصف قطر الحركة الأصلية، وتتكرر نفس الطريقة حتى يمكن للأيدي البشرية من إنتاج أشياء دقيقة جداً. ويقوم الروبوت بدوره في التحكم في آلة أخرى قادرة على تقليل قطر حركة الروبوت إلى النصف(9). ويشير الباحث "كولن ميلبورن" Colin Milburn في دراسته بعنوان "النانوتكنولوجي في عصر هندسة ما بعد البشرية: الخيال العلمي والعلم"، إلى أن نفس الفكرة التي قدمها "هينلين" في قصته "والدو" قد تبنّاها بعد ذلك عالم الفيزياء الأميركي "ريتشارد فينمان" في محاضرته الشهيرة عام 1959 أمام الجمعية الفيزيائية الأميركية بعنوان "هناك متسع كبير عند القاع"، والتي تعد جزءً مهماً في تأسيس مجتمع النانوتكنولوجي المعاصر(10).

كما أن أول ظهور لفكرة الآلات الروبوتية القادرة على استنساخ نفسها، كان في أعمال كاتب الخيال العلمي الأميركي "فيليب ديك" Philip Dick (1928-1982)، ومنها قصته القصيرة بعنوان "تنوع ثان" Second Variety عام 1953، وأخرى بعنوان "أوتوفاك" أو "المصنع الآلي أو الأوتوماتيكي" Autofac عام 1955. كما أن كاتب الخيال العلمي البريطاني السير "أرثر سي كلارك" Arthur C. Clarke (1917-2008) في قصته القصيرة بعنوان "المستأجرون الجدد" The Next Tenants عام 1950، قد وصف آلات دقيقة جداً تعمل بمقياس الميكرو (الألف من المتر)، وليس بمقياس النانو (المليار من المتر)، ولكنه استغل نفس الفكرة.

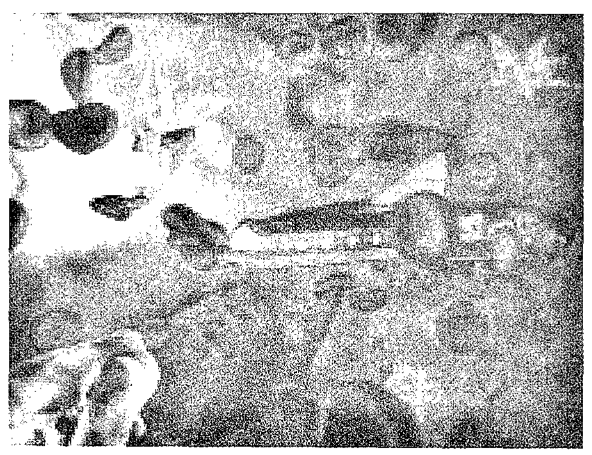
بعد حديث ريتشارد فينمان 1959

ما من شك أن حديث فينمان "هناك متسع كبير عند القاع" الذي ألقاه عام 1959 في الاجتماع السنوي للجمعية الفيزيائية الأميركية في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا (كالتاك)، قد ألهم مخيلة ليس

فقـــط العديد من العلماء ولكن أيضاً العديد من كتاب الخيال العلمي، للتعـــرف أكثر على وتفحص الإمكانات الهائلة لتكنولوجيا النانو، تلك التكنولوجـــيا الـــتي بمقدورها التحكم والتعامل مع المادة على مستوى الذرات والجزيئات.

لقـــد وصـــلت فكرة التصغير miniaturism إلى ذروها في فيلم "الـــرحلة الخيالية" Fantastic Voyage عام 1966 الذي تبلور كرواية في نفس العام لكاتب الخيال العلمي الأميركي الشهير إسحاق أسيموف Isaac Asimov (1920-1992)، حـــيث تكمن الفكرة الرئيسية لكل مـــن الفيلم والرواية في الصراع الدائر بين السوفيات والأميركان حول من ستؤول إليه السيطرة والتحكم في تكنولوجيا التصغير. يصور الفيلم كلاً من القوات العسكرية السوفياتية والأميركية وقد طورتا تكنولوجيا التـــصغير إلى الحـــد الذي أصبحا فيه قادرين على تصغير جيش كامل ووضـــعه في زجاجـــة مقفلة، لكن عملية الانكماش والتصغير هذه لا تـــستمر أكثر من ساعة واحدة. هنا تبرز المشكلة ومعها تتجلى محاور الحـــبكة الدرامية للفيلم، فالعالم "برنيز"، الذي يجسد شخصية البطل، يملـــك وحده إمكانية جعل هذا الانكماش يدوم للأبد، لكنه يرغب في إعطـــاء المعلـــومات السرية الخاصة بهذه التكنولوجيا للأميركان، لكن الـــسوفيات لن و لم يجعلوا هذا يحدث مطلقاً، لهذا اعتدى بعض العملاء السوفيات على "برنيز" عند وصوله إلى أميركا وضربوه على رأسه، مما أحـــدث جـــرحاً عميقاً في مخه لا يمكن التعامل معه باستخدام أساليب الجـــراحة التقليدية، لهذا لجأ الفريقان لتصغير فريق طبـــي يمثل الجانبين وكـــذلك تـــصغير غواصة طبية وقائدها أيضاً، وتم حقن الغواصة التي تحمـــل الفـــريق الطبـــي في أحد الأوعية الدموية للعالم "برنيز" لإجراء العملـــية الجـــراحية من داخل المخ والتخلص من الجلطة الدموية. وهنا

تعرض "الرحلة الخيالية" فكرة التصغير كتكنولوجيا فريدة يمكنها معالجة جسم الإنسان من الداخل، وبخاصة عندما يتعذر استخدام الأساليب التقليدية في الجراحة نظراً لخطورتها. وقد اقترح "فينمان" فكرة الآلات الميكروسكوبية التي يمكنها القيام بمهمة الطبيب الجراح في حديثة الشهير، ولكن دائماً ما يشير حديث اليوم عن النانوتكنولوجيا إلى رواية وفيلم "الرحلة الخيالية" على أنهما أحد التصويرات الأولى لتقنية النانو سواء على مستوي وسائل الاتصال الإلكترونية أو المطبوعة[11]، (أنظر الشكل 6).



http://www.foresight.org/Nanomedicine/Gallery/Captions/Image196.html

شكل (6): الغواصة الطبية النانوية في فيلم "الرحلة الخيالية" Fantastic Voyage عام 1966

في الثمانينات قبل وبعد صدور كتاب إريك دريكسلر "محركات الخلق"

يؤكد النقاد والبحاثة على أن فترة الثمانينات، وبخاصة قبل وبعد نشر "دريكسلر" لكتابه "محركات الخلق" عام 1986 هي الفترة التي بدأ فيها الخيال العلمي يتناول بالتحليل والدراسة موضوعات تتعلق بفوائد ومخاطر تقنية النانو، فمثلاً تعتبر قصة "موسيقى الدم" Blood Music

عام 1983 للكاتب الأميركي "جريج بير" Greg Bear، والتي طورها إلى رواية بنفس الاسم عام 1985 أول عمل خيال علمي يعالج وبشكل صريح قضايا تتعلق بتقنيات النانوالحيوية (النانوبيوتكنولوجي) Nanobiotechnology وتقدم القصة سيناريو درامياً لخلايا وكائنات ميكروبية تم هندستها بيولوجياً لاستخدامها في مجال أنظمة الكمبيوتر وقد اكتسبت القدرة على الإحساس الذكي. فبطل القصة "فرجيل أولم"، الذي يجسد شخصية العالم، والذي تم استقصائه من شركة "جينترون" Genetron Corp التي كان يعمل بها، والتي تعني بصناعة شرائح حيوية يمكن استخدامها في مجال الطب يطلق عليها "مابس" Medically Applicable Biochips (MABs)، تمكن من غرس بعض الخلايا الميكروبية الحساسة في مستعمرة من جزيئات الحامض النووي، وأنتج بذلك سلسلة من الكمبيوترات الميكروسكوبية الحيوية، ثم قام بعد ذلك بحقن هذه الآلات النانوبيوتكنولوجية في أوعيته الدموية، الأمر الذي ساعد على تكاثرها بشكل سريع جداً، إذ يقول فرجيل "لقد تمّ إعادة تركيب وبناء جسدي من الداخل للخارج"، وقد أخبر "فرجيل" صديقه "إدوارد"، راوي القصة، والذي عجز عن إيقاف ومنع "فرجيل"، بأن هذه "الشرائح الحيوية" biochips يمكنها ليس فقط منع وعلاج بعض الأمراض مثل سرطان الجلد، بل أيضاً تحويل جسم الإنسان، ولكن في النهاية لم يستطع "فرجيل" الاستمرار في السيطرة والتحكم في هذه الآلات الجزيئية، وبالتالي انتشرت هذه الأنواع الذكية من الحياه إلى بقية الناس والتهمتهم. وكذلك تناول الكاتب الأميركي "بول بروس" Paul Preuss نفس الموضوع في رواية له بعنوان "الخطأ البشري" Human Error عام 1985، حيث يؤكد كلاً من "بير وبروس" على المخاطر والتهديدات التي قد تنجم بسبب هروب بعض الآلات

الجزيئية القادرة على التطور والتجمع في أنظمة ذكية وخروجها عن سيطرة الإنسان، وطرحا تساؤلاً عن كيفية التحكم في تقنية النانو وكيف يمكن لها أن تتطور بتدخل من البشر أو بدونهم[12].

أما عن تأثير كتاب دريكسلر "محركات الخلق"، فقد بدا واضحاً في العديد من أعمال الخيال العلمي، حيث بدأ كتاب الخيال العلمي يستخدمون مظاهر تشير بشكل مباشر لتكنولوجيا النانو، فمثلاً في رواية للكاتب الأميركي "جيفري كارفر" Jeffrey Carver عام 1988 بعنوان "من نجم متغير" From a Changeling Star تلعب النانوتكنولوجيا دوراً رئيسياً في تطور أحداث القصة، حتى إن الشخصية الأساسية تدعى "إريك داكستر"، في اعتراف من "كارفر" في إهدائه للرواية بتأثره الشديد بكتاب "محركات الخلق" ومؤلفه "إريك دريكسلر"، وبخاصة بالنسبة إلى مفهوم "ناجز" NAGs وهو اختصار لـ "عوامل نانوية" nanoagents، والتي أصابت جسم "داكستر". وتتميز الرواية بما تحتوي عليه من كائنات نانوية ذكية يمكنها أن تعيد بناء الجسم البشري بشكل ميكانيكي أكثر مما حدث في كل من رواية "بير وبروس"، ولكن ما يؤخذ على هذه الرواية هو أن النانوتكنولوجيا لم تؤثر على المجتمع الذي وصفه "كارفر" بشكل عام وذلك بسبب امتلاك فئة قليلة من المجتمع للتقنية[13].

في التسعينيات

استمرت مظاهر وصور تكنولوجيا النانو، وبخاصة في التسعينيات تهيمن على العديد من أشكال الخيال العلمي، فمثلاً يرسم الكاتب الأميركي "نيل ستيفنسون" Neal Stephenson في روايته بعنوان "العصر الماسي" The Diamond Age عام 1995 صورة لمجتمع يعيش في مستقبل

قريب جداً وقد أحدثت فيه تكنولوجيا النانو تغيرات وتحولات كبيرة، حـــيث ستوفر له جميع أساسيات الحياة وما يحتاج إليه الناس من طعام وملـــبس وشـــراب وغـــيره، وذلك باستخدام آلات تسمّى "مجمعات للمادة" Matter Compilers التي تتعامل مع المادة على مستوى الذرات والجـــزيئات، إذ يقول "ستيفنسون": "النانوتكنولوجي الآن جعلت كل شئ ممكن تقريباً، لهذا أصبح دور المجتمع الثقافي في تقرير ما الذي يجب عمله بالنسبة إلى هذه التكنولوجيا أكثر أهمية من ما الذي يمكن تصور عمله من خلال هذه التكنولوجيا"، وفي إشارة منه على أنه وبالرغم مما حققـــته تقنية النانو لهذا المجتمع المستقبلي من حرية ورغد العيش إلا أنها عجزت عن تحقيق المساواة بين طبقاته، فالمجتمع ما زال منقسماً بين من يملـــك ومـــن لا يملك مما ساعد على ظهور نـــزاعات، بل وفي بعض الأحـــيان حـــروب بـــسبب ندرة المصادر. تصور الرواية قصة الطفلة الـــصغيرة "نيل" وتسرد رحلة حياتها بلغة مشوقة ومثيرة، حيث كانت تعـــيش حـــياة أشبه بالجحيم، كلها حرمان وفقر وعزلة وسوء معاملة، وفجـــأة تنـــتقل إلى حياة أخرى تتمتع فيها بكامل جميع أنواع الحرية، وبخاصة الحرية الفكرية، وذلك بفضل استخدامها لكتاب تعليمي يشبه كثيراً جهاز الحاسوب يسمّى Young Lady's Illustrated Primer، وهـــو عبارة عن آلة كمبيوترية خارقة الذكاء تتفاعل معها بطريقة شبه شخصية، حيث تلبـــي لها كل رغباتها واحتياجاتها. ونظراً لما تتميز به هـــذه الآلة من تقنية معلومات مدهشة، اتضحت من خلال استجاباتها الكتابية لجميع رغبات "نيل"، بما فيها العاطفية، صارت تعرف شخصية "نـــيل" أكثر وأفضل من معرفة "نيل" بنفسها، وبالتالي أصبحت الآلة الـــرفيق الصدوق والواثق من نفسه لـــ "نيل" والمنقذ لها من أي تهديد تـــواجهه في الحياة. وبهذا يعطينا ستيفنسون لمحة بسيطة لما سيحدث من

تغيير شامل ومدهش في تقنية المعلومات إذا تداخلت واندمجت مع تكنولوجيا النانو في المستقبل القريب[14].

فإذا كان كلاً من الكاتبين "بير وستيفنسون" قد تناولا فوائد ومخاطر تكنولوجيا النانو في أعمالهما، فإن الكاتب الأميركي "جيمس هالبرين" James Halperin يقدم صورة إيجابية مشرقة لنانوتكنولوجيا المستقبل في روايته "المخلد الأول" The First Immortal عام 1998، حيث تتوقع وتتنبأ بأن القرن الحادي والعشرين ستنعدم فيه كل مظاهر المرض، وبالتالي فالموت ليس له وجود، وبهذا يغدو الخلود البيولوجي حقيقة، إلا في حالات الانتحار والكوارث الطبيعية. ويؤكد "هالبرين" في "المخلد الأول"، كغيره من الكتاب والنقاد والمحللين، بأن قطاع الصحة وعلوم الطب أكثر المستفيدين من تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها، إذ يرى أن الشيخوخة وأمراضها ستتلاشى تماماً بفضل استخدام وتطبيق النانو تكنولوجي في علم تجميد الأحياء.

تحكي الرواية قصة الطبيب "بنيامين فرانكلين سميث"، الذي يبلغ من العمر الثالثة والستين. وفي توجه يحتمل المخاطرة اختار بنيامين أن يجمد جسده، وبخاصة بعد أن أصبح موته أمراً حتمياً بسبب إصابته بذبحة قلبية حادة، على أمل منه أن تتطور وتتقدم علوم الطب في المستقبل، ويتم اكتشاف علاج أو طريقة تعالج قلبه وتعيد الحياة مرة أخرى إلى جسده المجمد، ولكن الخطورة التي قد يواجهها "بنيامين" تكمن في احتمالية عدم القدرة على إصلاح أي ضرر أو تلف قد يحدث لجسده المعلق نتيجة لعملية التجميد بواسطة النيتروجين السائل. ففي عام 2033 أصبح "ترب كرين"، حفيد "بنيامين"، من ألمع الرواد في مجال تقنية النانو، ولأنه يعمل أستاذاً مساعداً في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا MIT، تمكن "ترب" من اختراع آلات كمبيوترية صغيرة

جـــداً تـــسمّى respirocytes، ولكـــنها أكثر فاعلية من خلايا الدم الحمراء، كما أن لديها قدرة كبيرة على نقل الملايين من جزيئات الهواء والغـــذاء، وفي عام 2043 تم اختراع أول المجمعات التي تستنسخ نفسها self-replicating assemblers، وكنتيجة لهذا أصبح التصليح النانوي nanorepair ممكناً. ويرى المؤلف أن هذا التطور سيحدث تغييراً دائماً في ميادين علوم الطب، إذ سيسمح، ضمن أشياء كثيرة أخرى، بذوبان الأجساد المجمدة حتى يمكن تصليحها وعلاجها فتصبح أصغر سناً وأكثر صـــحة مما كانت عليه من قبل. وبفضل هذا التطور الذي حدث ليس فقـــط في مجـــال الطـــب والنانوتكنولوجي وإنما أيضاً في مجال الذكاء الـــصناعي، فقـــد تم إنعاش "بنيامين" بعد بقاء جسده مجمداً لمدة ثلاثة وثمانين عاماً، فهو الآن يتمتع بجسد شاب في العشرين من عمره[15].

في القرن الحالي

ما زال وسيظل الأفق مترامي الأطراف أمام مخيلة الكثيرين من العلماء والكـــتاب والمهتمين بعلوم وتكنولوجيا النانو، فهناك المتحمس والمتوجس والمنبهر أيضاً. لكن كتاب الخيال العلمي، وكما أوضحت سالفاً، يتمتعون بـــرؤية تباعدية ثاقبة، دائماً ما تمكنهم من إعطاء قراءة صحيحة لحاضر ومـــستقبل العلم والتكنولوجيا وما يترتب على ذلك من نتائج سواء في المـــستقبل القريب أو البعيد. فمثلاً، وعلى عكس ما تصوره "جيمس هالـــبرين" في روايـــته "المخلد الأول" من تطبيقات وآفاق واعدة لتقنية النانوتكنولوجـــي، نجد أن رواية "الفريسة" Prey عام 2002 للكاتب الأميركي "مايكل كرايتون" (1942-2008) Michael Crichton تحمل رســـائل تحذيرية تتعلق بالخطر الداهم الذي يمكن أن تتعرض له البشرية والذي يشكله التطور التكنولوجي السريع وبخاصة في مجال النانوتكنولوجي

في القــرن الحــادي والعــشرين، فالرواية تتحدث عن حشود خطرة menacing swarms من الروبوتات النانوية متناهية الصغر Nanorobots، كمــا تلقي الضوء في بعض تفاصيلها الأخلاقية على مشكلات التقنية والحــياة المعاصرة للإنسان على نحو درامي مأساوي بالغ التأثير تجسده حالة التأزم الاجتماعي والقيمي التي تواجه شخصيات الرواية الرئيسية (الزوج "جاك فورمان" Jack Forman وزوجته "جوليا" Julia) اللذان يعمــلان في "وادي السيليكون" silicon valley في برنامجين تقنيين منفــصلين، فالزوجة "جوليا" تعمل لدى شركة "زيموس" Xymos التي تطور روبوتات نانوية متناهية الصغر، تتمتع بالاستقلال الذاتي ومبرمجة علــى العمل في وحدات منظمة تعمل كجيوش النمل army of ants، بينما الزوج "جاك" يعمل لدى شركة "ميديا ترونكس" Media Tronics لتــصميم البرامج الذكية software المخصصة لتشغيل هذه الروبوتات النانوية، ويفقد الزوج وظيفته ويمكث في المنــزل ليقوم بتربية أطفاله، بيــنما تــستمر الزوجة في العمل لساعات طويلة وتفقد الحنين لأسرتها الــصغيرة مكرسة كل وقتها وجهدها في السعي وراء حلم يراودها بــصنع روبوت متناهي الصغر يعمل بنظام تصوير واستكشاف سري stealthy photo-reconnaissance system يمكن بيعه للجيش الأميركي مقابــل أربــاح خيالية، ويصل طموحها في النهاية إلى ابتكار نوع من "البكتيريا الحية" living bacteria التي يمكن استخدامها في إعادة إنتاج (تكاثــر) reproduce واســتخراج وبسرعة هذه الروبوتات النانوية. وبينما يسرد كرايتون هذه التفاصيل يقوم بعدها بطرح سؤال جوهري وهــو، هــل يأتي دمارنا على يد تقنية القرن الحادي والعشرين، وهل نتحول إلى فريسة؟ فالزوجة "جوليا" تملك طموحاً لا حدود له حتى لو كــان الإخفــاق في تسويق اكتشافها للمؤسسة العسكرية التي ترفض

شـــراءه بـــسبب عدم مطابقته للمواصفات، ولهذا فهي تسعى جاهدة للتفكير في المؤسسة المدنية ممثلة في الطب وعلوم الأمراض والبحث عن وسيلة أكثر تطوراً في مجال التعامل مع الأمراض المستعصية كالسرطان، وهذه الفكرة ما أن تلمع في ذهنها حتى تكون مستعدة لتكريس نفسها والـــتعامل معها كحقل تجارب تاركة المجال لروبوتها لكي يتعايش معها علـــى نحو يمكنه من السيطرة على عقلها، متحولة إلى حالة معدية من الجنون، حيث يصاب بالروبوتات النانوية ثلاثة من زملائها في المعمل، كمـــا تتعرض البيئة والحياة البرية لحشود من الروبوتات الطليقة، والتي تتـــزايد بـــسرعة في أعـــدادها. فالجزء الرئيسي من رواية "الفريسة" لكرايتون ينصب على الكشف عن الوجه القبيح للتكنولوجيا المعاصرة واتهامـــنا لـــيس فقـــط بالتحول إلى "فرائس" تحت رحمة التكنولوجيا المتقدمة، بل إلى أبطال مهزومين يقودنا الشعور بالهزيمة إلى تدمير أنفسنا بأنفـــسنا وكـــأن صراعنا مع التكنولوجيا، بدلاً من أن يكون صراعاً عقلانياً تحول إلى صراع يحكمه الجنون[16].

الفصل الثالث

أنابيب الكربون النانوية

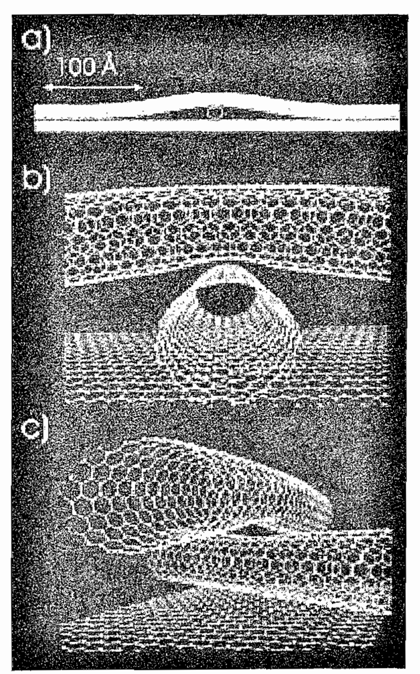
من التطورات الواعدة للنانوتكنولوجي إنتاج أنابيب الكربون النانوية (النانوتيوب) (أنابيب الكربون المجهرية متناهية الصغر) Carbon Nanotubes، وسميت بهذا الاسم نسبة إلى النانومتر، مستوى المقاسات متناهية الصغر مثل النانو الذي يعادل واحد على مليار من المتر.

وقد تم اكتشاف الأنابيب الكربونية المتناهية الصغر في عام 1991 في شركة NEC للصناعات الإلكترونية في اليابان بواسطة العالم "سوميو ليجيما" Sumio Lijima، حينما كان يدرس الرماد الناتج من عملية التفريغ الكهربي بين قطبين من الكربون، باستخدام ميكروسكوب إلكتروني عالي الكفاءة، حيث وجد مادة ذات بنية صغيرة جداً شبيهة بمادة الجرافيت، تأخذ ترتيباً يشبه الأنابيب في داخل بعضها البعض وهي تشبه خلايا نحل متماسكة.

وبالرغم من أن أنابيب الكربون النانوية صعبة التصنيع ومرتفعة التكاليف بسبب تنقية الأنابيب من الشوائب أثناء عملية الإنتاج، حيث يبلغ سعر الغرام من النانوتيوب عالي الجودة والنقاوة حوالى 750 دولاراً، إلا أن إمكانياتها هائلة وتطبيقاتها واعدة في الحاضر والمستقبل، لكونها مواد بالغة القوة، إذ إن مقاومة هذه الأنابيب تفوق بمئات الأضعاف مقاومة الفولاذ، كما أنها أرفع من شعرة الإنسان بخمسين ألف مرة.

وأنابيب الكربون النانوية عبارة عن ألواح رقيقة جداً ملفوفة على شكل أسطوانات من الجرافيت Graphite، ويتكون لوح الجرافيت من ذرات الكـــربون المرتبة في قالب مسطح سداسي الشكل Hexagonal مـــثل شـــبكة الأســـلاك المتقاطعة، ويمكن أن يؤدِّي التسخين المفرط للكربون إلى تكوين جزء صغير مدلفن Rolled up من هذه الشبكة ومكتمل بغطاء كربوني على كل طرف، (أنظر الشكل 7).

وهـــناك نـــوعان من أنابيب الكربون النانوية، هما: ذات الجدار الفردي (وحيدة الطبقة) Single-wall Nanotubes، وهي أنبوبة واحدة، وذات الجدار المتعدد(متعددة الطبقات) Multiwall Nanotubes، وهي مجموعة أنابيب مشتركة في المركز.



http://www.research.ibm.com/nanoscience/manipulation.html

شكل (7): أنابيب الكربون النانوية

ويصعب التحكم في حركة الأنابيب النانوية بسبب حجمها المتناهي في الصغر ونزعتها للالتصاق ببعضها البعض في عقدة لا يمكن اختراقها، إلا أن ثلاثة علماء في مختبر IBMفي نيويورك تمكنوا من بناء نقاط إرسال صغيرة للإشارات الإلكترونية مصنوعة من أسلاك رفيعة من جسيمات النانوتيوب الكربونية، ومن الصعب على العقل البشري أن يفهم متوسط حجم هذه الجسيمات، إذ يبلغ قطر النانوتيوب 1.4 نانومتر، أي إجمالي عرض عشر ذرات متلاصقة.

ويبلغ سمك الأنبوب النانوي الكربوني جزءاً من مليون من سمك شعرة الإنسان، إلا أن مادته أكثر تحملاً بكثير وتعتبر مماثلة لمادة الجرافيت، وتتمتع أنابيب الكربون النانوية بالعديد من المميزات المرغوبة والخواص الكهربائية والحرارية والضوئية غير الطبيعية، بالإضافة لقوتها الخارقة، إذ إنها أقوى من الفولاذ 100 مرة، وأخف من الحديد 6 مرات، كما أنها من موصلات الحرارة الممتازة، وهي خاملة كيميائياً، ومهما تعرضت هذه الأنابيب للكبس، فإنها تنثني وتلتوي دون أن تكسر، وتعود لشكلها الأصلي فور السماح لها بذلك، والأهم من ذلك أن أنابيب الكربون النانوية تعتمد على طريقة ترتيب الذرات Atomic Arrangement، فعندما توضع ذرات الكربون carbon atoms بترتيب معين certain arrangement على طول الأنبوب، يتصرف الأنبوب النانوي كمادة شبه موصلة semiconductor، وإذا وضعت الذرات بترتيب مختلف different arrangement، يتصرف الأنبوب كمعدن ناقل metal، أي أنها ذات خواص مزدوجة فهي في بعض الأحيان تتمتع بخواص المعادن، وفي أحيان أخرى تتمتع بخواص أشباه الموصلات التي تستخدم في بناء الترانزيستورات،حيث تقوم المعالجات processors بتخزين المعلومات فيها، حيث تمتاز أشباه الموصلات بأنها تنقل التيار الكهربائي

عـــند فولـــتات voltages معينة ولا تنقله عند الفولتات الأخرى، وبالتالي يمكـــن اســـتخدام الأنابـــيب النانوية الكربونية كسلك معدني ينقل التيار الكهربائـــي من مكان لآخر، كما يمكن استخدامها كترانـــزيستور، عن طـــريق استخدام تغيرات التيار لتخزين البيانات، فعند تطبيق فولت معين، يسري التيار بحرية في الأنبوب النانوي، ويفتح الترانـــزيستور بوابته سامحاً للتـــيار بالعـــبور، وعـــند تطبيق فولت مختلف، يغلق الترانـــزيستور بوابته ويـــتوقف مـــرور التيار، أما المعادن فتمتاز بأنها تنقل التيار الكهربائي عند تطبـــيق أي فولتات عليها، وبالتالي فهي تستخدم لبناء الأسلاك التي تربط بـــين الترانـــزيـــستورات، وتعتبر الأنابيب الكربونية من المنتجات الثانوية للعديـــد من التفاعلات الكيميائية المختلفة، ويستطيع العلماء بسهولة زراعة هذه الأنابيب على الشرائح عن طريق إعادة إنتاج هذه التفاعلات[1].

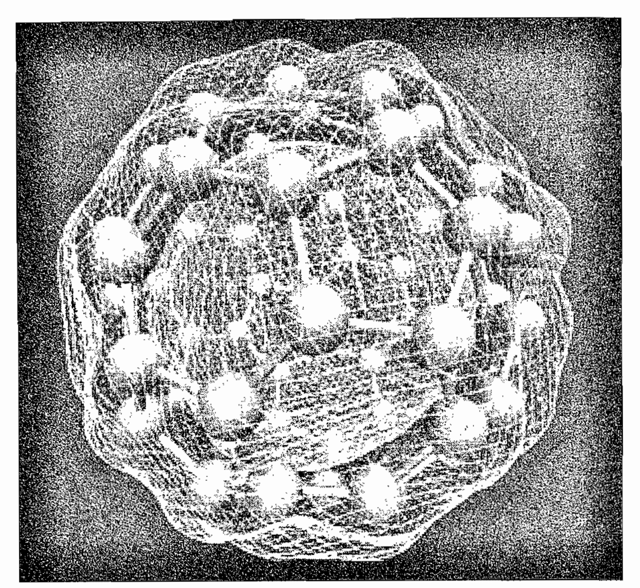
في عـــدد 19 آب/أغسطس 2005 من مجلة "ساينس" Science العلمـــية الـــشهيرة، نشر علماء في جامعة تكساس الأميركية في دالاس University of Texas at Dallas، ومـــنظمة الكومنولث الأسترالية للأبحـــاث العلمـــية والـــصناعية لتكنولوجـــيا الألـــياف والأنسجة Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization Textile & Fibre Technology، تقريراً عن تمكنهم من صنع طبقات صناعية من الأنابيب النانوية الكربونية، ذات خصائص فريدة. وقال الباحث "راي بومان" Ray Baughman بجامعة تكساس والمـــشرف علـــى البحث، إن المادة جديدة تماماً من حيث المبدأ، ومن خصائص هذه المادة الجديدة:

- أنها تعزز نفسها بنفسها، وشفافة، وأقوى من الفولاذ، ومن أقوى المـــواد البلاســـتيكية المتينة، وصنعت بشكل طبقات مرنة، ويمكن تسخينها كي تشع ضوء.

- أن ميل مربع واحد (2.6 كلم مربع تقريباً) من أقل هذه الطبقات سمكاً (حوالى 2 من المليون من البوصة) (0.8 من المليون من السنتيمتر)، تزن حوالى 170 رطلاً (77.11 كلغم).
- في التجارب المخبرية، أثبتت هذه الطبقات قدرتها للعمل كخلايا شمسية تلتقط أشعة الشمس لإنتاج الكهرباء. وقد طور الفريق طريقة أوتوماتيكية لإنتاج شريطين بعرض ثلاثة أرباع البوصة (1.9 سم تقريباً) من الأنابيب النانوية بمعدل 47 قدماً (16 متر تقريباً) في الدقيقة وسوف تشمل التطبيقات المقبلة التي ستوظف فيها هذه الطبقات، إنتاج عضلات صناعية تحمل شحنات كهربائية أثناء حركتها، وسيارات سباق عالية المتانة، كما سيمكن استخدامها في إنتاج صداري ودروع جسدية ناعمة واقية من الرصاص والذخائر الباليسية الصغيرة الأخرى، وأوضح الخبراء أن القدرة على إدخال أجهزة إحساس إلكترونية ومشغلات ميكانيكية إلى خيوط النانو الأنبوبية الكربونية، يجعل لها قيمة إضافية كبيرة لعدد من المواد المتخصصة المستخدمة حالياً في التطبيقات الطبية والعسكرية. ويتوقع الباحثون أن القدرة على غزل أنابيب النانو الكربونية إلى خيوط سيجعل صناعة خيوط نانو نقية ممكناً اقتصادياً، مشيرين إلى أن تطور الخيوط الكربونية المغزولة يعتمد على فكرة إنقاص أبعاد الألياف والخيوط التقليدية من قياس المايكرو، وهو جزء واحد من المليون، إلى قياس النانو الذي يصل إلى جزء من الألف مليون، باستخدام التكنولوجيا القديمة للغزل اللولبي. ويرى العلماء أن أنابيب النانو الكربونية سواء كانت خيوط نقية أو مركبة، ستحدث ثورة في صناعة الأقمشة المهندسة بسبب قوتها الممتازة وصلابتها وتوصيلها الحراري والكهربائي العالي[2].

ويذكـر أيـضاً أن هناك شكل جديد من الكربون يعرف باسم "باكي بولز" Buckyballs، اكتشفه عام 1985عالم الكيمياء ريتشارد سمولي (1943-2005) Richard Smalley، الحائز على جائزة نوبل في الكيميـاء عـام 1996، لـدوره في هذا الاكتشاف المسمّى "كرات الكـربون"، وهو شكل رابع جديد للكربون. ومادة الكربون الجديدة (باكـي بولز)، هي عبارة عن جسم كروي أجوف، وهي مكونة من سلـسلة من جزيئيات الكربون الجوفاء تشبه بشكلها الألياف إلى حد بعيد، وتعرف هذه الهيكليات باسم (فولرين) Fullerene، وهي عبارة عـن كـرة مجـوفة ذات بعـد نانـوي مكونة من 60 ذرة كربون، وباسـتطاعتها أن تقدم العديد من الميزات المفيدة في مجالات الكهرباء والكيمـياء والميكانـيكا. فالفولـرين أصبح يعتمد في مجالات عديدة كالمحفزات الكيميائية Catalysts، وكمجسات (مستشعرات) في علوم الـصيدلة، ولصنع أنواع من الدهانات تعالج بطريقة كيميائية، كما أنها أدخلـت في مـواد صناعة عجلات السيارات، كما أن مادة الفولرين تـستطيع اختراق أغشية خلايا البكتيريا الخارجية. فمادة الفولرين تعد من الهيكليات الثابتة التي لا يمكن أن تتلف أو تتحلل بيولوجيا ولا يمكن القـضاء علـيها، فهي في الأصل هامدة Inert، ولكن البعض يقترح اسـتعمالها كأقفـاص جـزيئية لوجود بعض المواد القابلة للتفاعل أو للمحفـزات، فتـصبح عـندئذ قادرة على التدخل بشكل جذري في العملـيات الـصناعية، وحتى في النمو الطبيعي للكائنات الحية، (أنظر الشكل 8).

ويتوقع العديد من العلماء أن تحدث أنابيب الكربون النانوية ثورة صناعية جديدة في المستقبل القريب، فمن المتوقع أن يستخدمها العلماء لاكتشاف أساليب جديدة لتوصيل العقاقير، ولتطوير ذاكرة كمبيوترات



http://www.research.ibm.com/nanoscience/manipulation.html

شكل (8): يوضح الشكل الكربوني "الفلورين" Fullerene المكون من 60 ذرة كربون

رخيصة، ومواد تشييد قوية جداً، وأجهزة طاقة مثل الخلايا الشمسية وخلايا الوقود. حيث يقوم العلماء حالياً بالبحث في مدى إمكانية استخدام النانوتكنولوجي في تطوير مواد جديدة لتوليد الطاقة ونقلها وتخزينها، وذلك من خلال توليد أنابيب دقيقة ذاتية النسخ، تتكون كلياً من أسطوانات أحادية الجدران والتي تكون أكثر انتظاماً من الأنابيب المتعددة الجدران، وبالتالي تظهر الخواص الأفضل للأنابيب المتناهية في الصغر، ويمكن حياكة خيوط من الأنابيب الدقيقة لتصبح أسلاكاً تكون موصلات أكثر كفاءة من النحاس وأخف وزناً، ومثل هذه الأسلاك ستقلل من تكاليف نقل طاقة الرياح أو الشمس لأماكن بحاجة ماسة لها[3].

كما أن وكالة الفضاء الأميركية (ناسا) NASA، تفكر جدياً باستخدام أنابيب الكربون النانوية في عمل مصعد فضائي يصل الأرض

بالفـــضاء الخارجـــي لرحلات المستقبل، وهو عبارة عن كابل يمتد في الفضاء مصنوع من مادة كربونية قوية وصلبة، بحيث يمكن للمركبات ذات القـــوة الكهـــربائية أن تسافر عليه، كما يمكن أن يستخدم هذا الكابـــل الفضائي في ربط أو تقييد القمر الصناعي. يقول العالم ديفيد سميثرمان David Smitherman من مركز مارشال الفضائي التابع لوكالة "ناســـا"، إن استخدام أنابيب الكربون النانوية لصنع المصعد الفضائي يــــرجع إلى أن مقاومــــة هذه الأنابيب تفوق بمئات الأضعاف مقاومة الفولاذ[4].

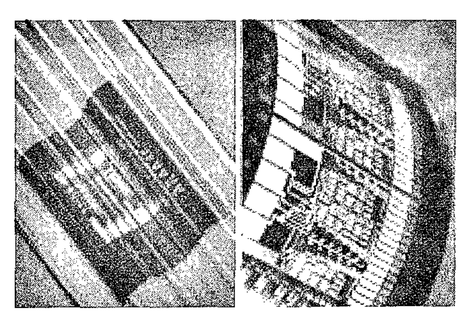
ويمكن لأنابيب الكربون النانوية أن تصنع على شكل أسلاك وأشباه موصلات semiconductors، وحتى موصلات فائقة Superconductors، ممـــا يجعلها مصدر جذب وإغراء للكثير من الشركات العاملة في مجال التكنولوجيا. كما يمكن لأنابيب الكربون النانوية أن تتداخل مع بعضها البعض، وكذلك تصنع بجدران مضاعفة Multiple walls للحصول على قوة أكبر، كما يمكن إزالة أغطيتها الكربونية، بحيث تصبح جاهزة لكـــي تمـــلأ بجزيئات أخرى. وقد استفاد الباحثون من هذه الإمكانية وقامـــوا بتـــصميم "القلم الذري"، وهو قلم حبر متناهي الصغر يكتب بالذرات، وتصنع "خرطوشة الحبر" من أنابيب الكربون النانوية، ويمكن أن تمـــلأ بأي ذرات مطلوبة، ويتحكم شعاعان من الليزر في تدفق الحبر الذري Atomic Ink، ويمكن أن يستخدم القلم الذري في الطباعة الحجرية (الليثوغـــرافي) Lithography مـــن صفائح الزنك أو الألمونيوم المعدة كيماوياً، وهذه الطباعة تستعمل في تصنيع لوحات الدوائر الإلكترونية Circuit Boards. والليثوغـــرافي تشبه آلات الطباعة، لكن بدلاً من الحبر تـــستعمل "غباراً" من مواد أولية مثل الحديد أو الفولاذ أو البورسلان، ويـــتجمع الغـــبار ليعطي نسخاً عن الآلات المطلوبة. كما يمكن للقلم

الـــذري أن يـــسبر أعمـــاق الجزيئات البيولوجية، وتحقيق بناء الآلات الميكـــروويية عـــن طـــريق استخدام الذرة تلو الأخرى[5]. كما تقوم شـــركات الإلكترونيات بأبحاث لاستخدام أنابيب الكربون النانوية في تطوير وإنتاج شاشات عرض مسطحة بالغة الرقة وأقل استهلاكاً للطاقة وذات صور رائعة[6].

كمـــا أن أنابيب الكربون النانوية تعد هدفاً في مجال آخر يعرف بالتكنولوجيا النانوية الجزيئية Molecular Nanotechnology، وكذلك في مجـــال تصميم "المحرك الجزيئي" Molecular Engine الذي يعد أساساً في تصنيع الآلات متناهية الصغر، والتي منها تصنيع أجهزة طبية متناهية الدقـــة، تـــؤدِّي مهـــام طبية وتجري العمليات الجراحية داخل الجسم البشري[7].

ويـــرتبط بأنابـــيب الكربون النانوية تكنولوجيا "الشبكة النانوية" "النانو نت" Nanonet Technology وهي عبارة عن دوائر مكونة من العديـــد من أنابيب النانو التي تتقاطع مع بعضها البعض في شكل يشبه شباك الصيد، حيث تصنع "الشبكة النانوية" من أسطوانات شبه موصلة صـــغيرة tiny semiconducting cylinders يطلق عليها اسم "أنابيب الكربون النانوية أحادية الجدران" single walled carbon nanotubes. وتـــتكون أنابيب النانو المعدنية بشكل لا يمكن تجنبه أثناء عملية تكون أنابـــيب الـــنانو الكربونية، ثم تترابط هذه الأنابيب المعدنية في خيوط متعـــرجة تمتد على عرض الترانـــزستور، مما يؤدِّي إلى حدوث ظاهرة "الدائرة القصيرة "Short Circuits، والتي تشكل عقبة كبرى أمام تطور الـــنظم الإلكتـــرونية باســـتخدام الأنابيب النانوية، إذ تحتوي الأنابيب الكربونية النانوية على شوائب معدنية تصنيعية تشكل دارات قصيرة بين الأنابـــيب الكربونية عند تصميم الترانـــزيستورات باستخدامها، وقد

تمكـــن باحثون من جامعتي بوردو Purdue University، وإيلينوي في إربانا - شامبين University of Illinois at Urbana-Champaign الأميركيـــتين إلى مـــنع حدوث هذه الظاهرة، وذلك من خلال تقطيع "الـــشبكة الـــنانوية" إلى قطع أو شرائط Strips، الأمر الذي سيسهل طـــباعة الدوائر على ألواح بلاستيك لاستخدامها في تطبيقات صناعة الـــشاشات وكسطح خارجي إلكتروني لتغطية جسم الطائرات بشكل كامـــل لمراقبة بداية تكون أي شقوق في جسم الطائرة. وقد قام بقيادة معمـــل الـــبحث التجريبـــي في بناء الدوائر مجموعة من الباحثين من جامعـــة "إيلينوي"، بينما قامت جامعة "بوردو" بقيادة البحث لتطوير واســـتخدام المحاكاة والنماذج الرياضية اللازمة لتصميم الدوائر ولتفسير وتحلـــيل البيانات، وقد نشرت نتائج البحث في المجلة العلمية البريطانية الـــشهيرة "نيتشر" (الطبيعة) Nature في 24 تموز/يوليو 2008، (أنظر الشكل 9).



http://news.uns.purdue.edu/x/2008b/080723AlamFlexible.htm

شكل (9): تكنولوجيا "الشبكة النانوية" Nanonet
عبارة عن دوائر مكونة من العديد من أنابيب النانو

يقول الباحث "محمد أشرف علم Muhammed Ashraful Alam"، أســـتاذ الهندســـة الكهربائية والكمبيوتر بجامعة "بوردو" وأحد أعضاء الفريق البحثي، إنه تقدم كبير في كيفية صنع دوائر أنابيب النانو.

ويقول الباحث "جون روجرز" John Rogers، المتخصص في علوم المواد والهندسة بجامعة إيلينوي، اقترح بعض الباحثين التخلص من أنابيب النانو المعدنية ولكن بدلاً من ذلك، وجدنا طريقة جيدة جدا للتخلص من تأثير هذه الأنابيب المعدنية دون إزالتها". ولتحقيق ذلك يقول العالم "أشرف علم"، قام الباحثون بإنشاء دائرة مرنة تحتوي على 100 ترانزستور، وهي أكبر شبكة نانوية يتم إنتاجها ويعد الشكل الأول لدائرة الشبكة النانوية التي تعمل. ويضيف "أشرف علم" أن التوصل إلى هذا الكشف سوف يسمح للباحثين باستخدام ترانزستورات أنابيب النانو الكربونية لإنتاج دوائر متكاملة عالية الأداء ومقاومة للصدمات وخفيفة الوزن ومرنة وبسعر منخفض. ومن أهم ميزات تكنولوجيا الشبكة النانوية هي إمكانية إنتاجها في ظل درجات حرارة منخفضة، وهو ما يسهل وضع الترانزستورات على ألواح البلاستيك المرنة التي تنصهر بعد تعرضها لدرجات الحرارة العالية اللازمة لتصنيع الترانزستورات المبنية على السيليكون.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدام هذه التقنية في العديد من التطبيقات الأخرى، والتي من بينها الغطاء الإلكتروني الذي يغطي الطائرات ويقوم بشكل تلقائي بمراقبة تكون الشقوق حتى يتسنى له تنبيه الفنيين للحد من كوارث حوادث الطائرات. هذا إلى جانب الشاشات المرنة التي يمكن وضعها على الزجاج الأمامي للسيارات كي تزود السائق بالمعلومات. ومن التطبيقات الأخرى لهذه التقنية "الورقة الإلكترونية" التي تقوم بعرض النصوص والصور، وكذلك الخلايا الشمسية التي يمكن طباعتها على ألواح البلاستيك وشاشات التلفزيون التي يمكن طيها أثناء التنقل أو بغرض التخزين[8].



الفَصْل الرَّابع

التطبيقات الواعدة لتقنية النانوتكنولوجي

يتوقع المراقبون أن تشعل النانوتكنولوجي سلسلة من الثورات الصناعية والاكتشافات العلمية الواعدة، التي ستغير أوجه الحياة تغييراً جذرياً خلال العقدين القادمين. ولهذا فهناك الآن سباقاً محموماً على مستوى العالم - وبخاصة في الدول المتقدمة - في مجال أبحاث وتطبيقات النانوتكنولوجي غير المسبوقة التي تفوق الخيال العلمي في كثير من الأحيان، والتي ستفتح آفاقاً جديدة واعدة أمام مستقبل البشرية. فقد بدأت تقنية النانوتكنولوجي تقتحم كافة مناحي الحياة، فمن البحث العلمي والطبي، إلى الصناعات الثقيلة والمعدات العسكرية والدروع، وتعد النانوتكنولوجي بتطورات وتطبيقات هائلة في العديد من المجالات الصناعية والزراعية والتجارية والطبية والعسكرية، وغيرها، حيث يتم حالياً تطوير تطبيقات للنانوتكنولوجي في جميع الصناعات تقريباً، بما فيها صناعة الإلكترونيات وتكنولوجيا المعلومات، وتطوير المواد، والنقل والمواصلات، والطب والصحة، وغيرها. وقد بدأ المواطن العادي يشعر في الآونة الأخيرة بتطبيقاتها في السلع والمنتجات المستخدمة في الحياة اليومية.

ويرجع الاهتمام المتزايد بتكنولوجيا النانو إلى الصفات والخصائص الجديدة المتميزة التي تكتسبها المواد عندما تكون صغيرة جداً، مما يعني

تـــسير بشكل سريع نحو إنتاج "روبوتات نانوية" سوف يتم إرسالها إلى تـــيار الدم بحيث تقوم بإزالة الجلطات الدموية من جدر الشرايين دون عمليات أو تدخل جراحي. وسيكون بمقدور الطبيب في أي قرية نائية في العـــالم الـــثالث وضـــع نقطـــة دم مـــن المريض على رقيقة نانوية Nanochip وبعـــد دقائق معدودة سينتهي الفحص الطبـــي الشامل بما في ذلـــك اختبارات الدم مثل تحليل الأمراض الخطيرة كالملاريا والإيدز واضـــطرابات الهرمونات وحتى السرطان. وتسمّى هذه الرقيقة "معمل علـــى شـــريحة" lab-on-a-chip وهي أحد المنتجات الثورية والنتائج المـــتطورة من أبحاث النانو تكنولوجي، والتي ستقلل من تكلفة أجهزة تحليل العينات وترفع من كفاءتها وسرعة أدائها وسهولة نقلها وتواجدها في غرف العمليات، بدلاً من المعامل المركزية..

وفي مجـــال الإلكترونيات، سوف تساعدنا تقنية النانو في تصغير حجم الأجهزة الإلكترونية بدرجة كبيرة، كذلك فإن الأنابيب النانوية سوف تمكننا من تصغير حجم الأقراص المدمجة بأنواعها والتي تستخدم حالياً في حفظ البيانات والمعلومات وزيادة قدرتها التخزينية بشكل كبير جداً.

وفي مجـــال حمايـــة البيـــئة، فإن المجسات (المستشعرات) النانوية Nanosensors والـــتي تقـــوم بقياس نوعية الهواء والماء والتربة وترسل بيانات الرصد مباشرة إلى قواعد البيانات البيئية سوف تساعد القائمين على حماية البيئة من أداء عملهم بشكل أفضل بكثير مما هو عليه الآن.

أمـــا في مجال الطاقة المتجددة، فإن استخدام الرقائق المطلية بمواد نانـــوية خاصة سوف يمكننا من تخزين الطاقة الشمسية بكفاءة أعلى في خلايا حفظ الطاقة لإعادة استخدامها، وفي "خلايا الوقود" Fuel Cell تم تحسين أداء الأقطاب باستخدام مواد النانو.

وفى مجال الصناعات النسيجية، فإن الملابس النانوية الذكية يتوفر بعضها الآن في الأسواق، وتتميز بأنها خفيفة الوزن ولها مقاومة عالية لامتصاص السوائل والبقع والأوساخ. وكذلك فإن أصباغ النانو متعددة الأغراض يتوفر الكثير منها حالياً في الأسواق بدءً من طلاء الثلاجات الذي يمنع نمو الميكروبات والجراثيم، وصولاً إلى طلاء السيارات الذي يمنع التصاق ذرات الغبار وقطرات الماء على جسم السيارات.

وفي مجال معالجة المياه، تستخدم المرشحات النانوية في عملية التحلية وإزالة الأملاح من المياه.

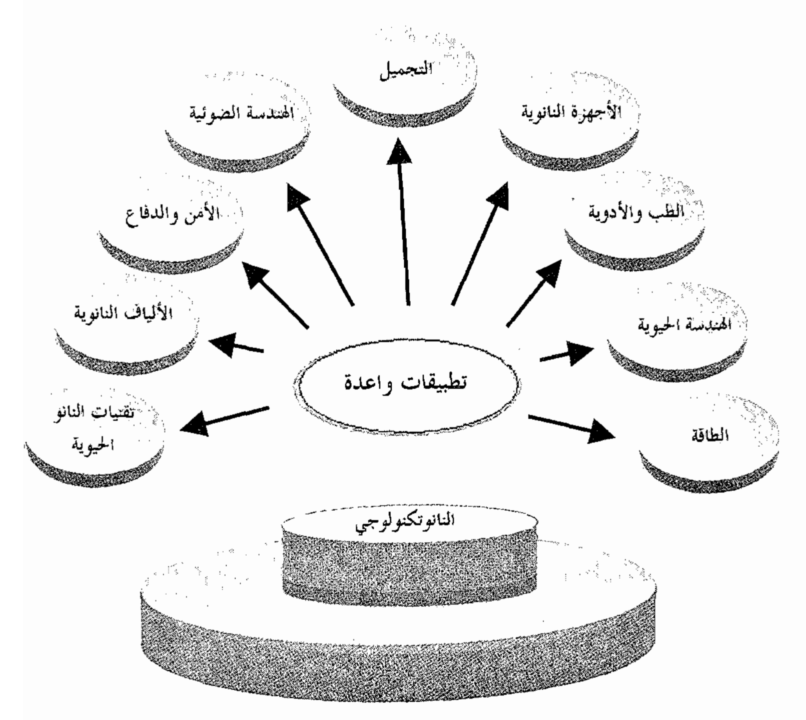
وفي مجال وسائل النقل والمواصلات، تم استخدام مواد النانو كإضافات لوقود السيارات لتحسين كفاءة الاحتراق، واستخدام سوائل تحتوي على مواد نانوية لامتصاص الصدمات والاهتزازات أثناء قيادة المركبات، كما تم إضافة مواد النانو إلى إطارات المركبات مما ساعد في الحصول على إطارات لها مقاومة عالية للتلف والاحتكاك، كما أن إضافة مواد النانو إلى البوليمرات سينتج عنه مواد ذات قوة عالية وخفيفة الوزن، يمكن استخدامها في صناعة هياكل السيارات.

وفي مجال الاتصالات والمعلومات، يتم استخدام تقنية النانو في تصنيع كوابل وشبكات ودوائر يمكنها تحقيق طفرة في هذا المجال، من حيث القوة الاستيعابية وكفاءة هذه الدوائر، ويظهر ذلك في حجم المنتج أو كفاءته العالية، كما في الأجهزة الحديثة من الكمبيوتر والهواتف المحمولة.

وفي مجال الهندسة الإنشائية، يتم استخدام تقنية النانو في تحضير مواد بناء أكثر كفاءة وأشد صلابة وأرخص سعراً من المواد المستخدمة

حالـــياً، وكـــذلك في إنتاج جيل جديد من أنواع الطلاء والدهانات الذكية المقاومة للخدوش والقادرة على التحذير من التصدعات في البنى التحتـــية، فمـــن خلال إدخال دوائر إلكترونية في عملية تصنيع الطلاء نفسه، يمكن لهذه الطلاءات أن تعمل على إطلاق جرس إنذار إلكتروني عند وجود تصدعات غير مرئية في هياكل الكباري والجسور.

وفي مجـــال الـــزراعة، يتم استخدام تقنية النانو في تصنيع أدوات بمواصـــفات خاصـــة تـــساعد على زيادة خصوبة التربة ورفع إنتاجية المحاصيل، وكذلك في تصنيع أدوات صغيرة تستخدم في رش المخصبات الزراعية بمعدلات مقننة وبعناية فائقة.



شكل (10): تقنية النانوتكنولوجي تحمل في طياتها آفاق وتطبيقات واعدة في الكثير من المجالات

وفي دراسة مسحية، الأولى من نوعها في"ترتيب تطبيقات النانوتكنولوجي من حيث تأثيرها على التنمية" بعنوان "تكنولوجيا النانو والعالم النامي" Nanotechnology and the Developing world، قام بها باحثون في "مركز أخلاقيات الأبحاث" بجامعة "تورنتو" الكندية، ونشرت عام 2005 بمجلة "بلوس ميدسين" PLoS Medicine، تضمنت "استطلاع رأي" لجنة مكونة من 63 خبيراً لتحديد أهم عشرة تطبيقات للنانو تكنولوجي تحتاجها البشرية وخاصة الدول النامية في مجالات المياه والزراعة والصحة والطاقة والبيئة في السنوات العشر القادمة، وتوصلت اللجنة إلى أن تكنولوجيات النانو العشرة مرتبة حسب إمكانية توفيرها الفائدة للدول النامية في المستقبل القريب أكثر من غيرها، هي كما يلي:

1. خزن وإنتاج وتحويل الطاقة Energy Storage, Production, and Conversion.
2. تحسين الإنتاج الزراعي Agricultural Productivity enhancement.
3. معالجة وتنقية المياه Water treatment and remediation.
4. تشخيص ومعالجة الأمراض Disease diagnosis and screening.
5. نظم نقل الأدوية Drug delivery systems.
6. معالجة الطعام وتخزينه Food processing and storage.
7. معالجة تلوث الهواء Air pollution and remediation.
8. البناء Construction.
9. مراقبة الصحة Health monitoring.
10. مقاومة الآفات والحشرات Vector and pest detection and control.

وقد أثبتت الدراسة توافق الأهداف من النانو تكنولوجي مع أهداف التنمية الدولية التي حددتها الأمم المتحدة في الألفية الثالثة. ففي

عـــام 2000، تعهدت جميع الدول الأعضاء في الأمم المتحدة وعددها 189 بالوصول إلى 8 أهداف لدعم التنمية الإنسانية وتشجيع الاستقرار الاقتصادي والاجتماعي حتى 2015م.

ويـــشرح القائمون بالدراسة كيف يمكن لهذه التطبيقات العشرة المساهمة تحقيق أهداف الأمم المتحدة.

يقـــول البروفيسور "بيتر سينجر" Peter Singer، كبير العلماء في مركز مكلفلان – روتمان للصحة العالمية Mclaughlin-Rotman Center for Global Health وأستاذ الطب في جامعة تورنتو الكندية وأحد القـــائمين على الدراسة، أن هذه الدراسة ربما تساعد على التوعية بأهمـــية الاستثمار في تكنولوجيا النانو، وقد تساهم في تحقيق الهدف الـــذي حددتـــه الأمم المتحدة عام 2000، وهو القضاء على الفقر والجـــوع بحلـــول العام 2015، إذ إن تطبيقات النانو تكنولوجي لها تأثير كبير في تحسين أحوال معيشة الكثير من الناس في العالم الثالث. وبالتأكيد فإن العلوم والتكنولوجيا لن يكفيا وحدهما لإيجاد الحلول الـــسحرية لحل جميع مشكلات الدول النامية ولكنها عوامل أساسية في التنمية. النانو تكنولوجي هي مجال حديث وسوف يعطي حلولا جذرية وغير تقليدية بل وغير مكلفة لكثير من المشكلات المزمنة في العالم النامي.

وقـــد أشار الباحثون إلى أن بعض البلدان النامية أطلقت مبادرات خاصـــة لاستخدام النانو تكنولوجي لضمان قوة اقتصادها ومثال ذلك الهند التي خصصت 20 مليون دولار من خلال وزارة العلوم والتكنولوجيا لأبحاث النانو تكنولوجي في الأعوام من 2004 إلى 2009.

يقول البروفيسور عبد الله دار Abdallah Daar، أستاذ علوم الصحة العامة والجراحة ومدير الأخلاقيات والسياسة في مركز مكلفلان لطب

الجـــزيئات Mclaughlin Centre for Molecular Medicine بجامعة تورنـــتو الكندية وأحد المشاركين في الدراسة بأن هناك احتياج واضح للمجتمع الدولي لزيادة معدل استخدام النانو تكنولوجي في الدول غير الصناعية لمجابهة تحديات التنمية[2].

تطبيقات النانوتكنولوجي في الصناعة:

دخلـــت النانوتكنولوجـــي بالفعل حيز التطبيق، حيث يتم حالياً تطويـــر واســـتخدام تكنولوجيا النانو في جميع الصناعات تقريباً، بما في ذلـــك الصناعات الإلكترونية والمغنطيسية والبصرية الإلكترونية والطاقة وتكنولوجـــيا المعلومات وتطوير المواد والنقل والمستحضرات الصيدلية ومواد التجميل والطب.

لقـــد دخلت البشرية خلال السنوات الأخيرة عصر المنتجات الاســـتهلاكية المعـــتمدة علـــى النانوتكنولوجـــي، فقد أصبحت النانوتكنولوجي تنشئ تجارة مربحة بالنسبة إلى الشركات العالمية، إذ يـــوجد في الأســـواق العالمية الآن أكثر من 500 منتج من الأجهزة والأدوات التي تعمل بالنانوتكنولوجي، من مستحضرات التجميل إلى أجـــزاء السيارات إلى أدوات المائدة، وستكون قادرة على التأثير في كـــل صناعة تقريباً وكل جانب من جوانب حياتنا، ويقدر العلماء، أنه في عام 2015، سيصل عدد المواد التي تحتوي على جزيئات النانو قرابة المليونين[3].

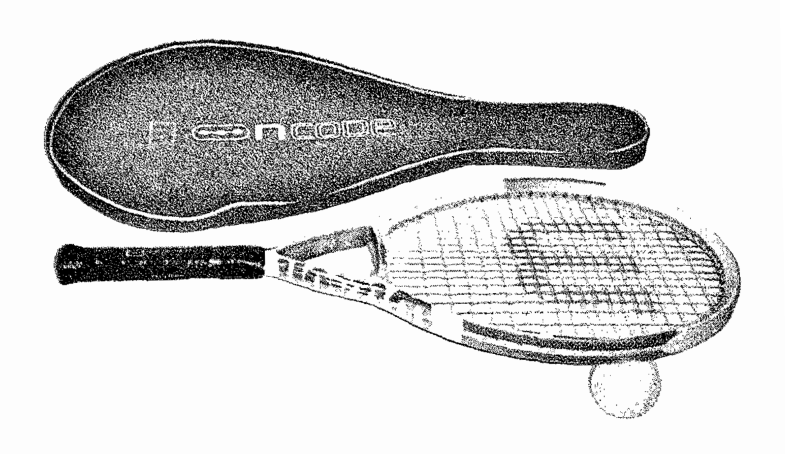
ويتوقع تحالف NanoBusiness Alliance أن يبلغ حجم السوق العالمية للمنتجات والخدمات النانونية تريليون دولار في عام 2010، وأن يصل سوق النانوتكنولوجي في الولايات المتحدة إلى 700 بليون دولار في عـــام 2008، بينما تتوقع مؤسسة العلوم القومية الأميركية أن يصل

حجـــم السوق العالمي لمنتجات وخدمات النانوتكنولوجي إلى تريليون دولار بحلول عام 2015[4].

فمثلاً، بدأت شركة Nanophase الأميركية بإنتاج مواد مصنعة مـــن الجـــزيئات النانونية تبقي أسطح الأرضيات لامعة، كما أوجدت الشركة اليابانية "نيبون" Nippon العديد من الاستخدامات للجزيئات النانونـــية المركبة من "ثاني أوكسيد التيتانيوم"، وهو مركب يتدخل في العمليات الحيوية عند تنشيطه بالضوء، وهذه الجزيئات النانونية المضافة للزجاج غير مرئية، تجعل الزجاج مقاوماً للأوساخ.

كما تقوم مصانع مستحضرات التجميل بتصنيع مواد جزيئيّة من "أوكسيد الزّنك"، بهدف تحسين نوعيّة أحمر الشفاه، أو من «أوكسيد التيـــتان» مـــن أجل تنقية الأشعة فوق البنفسجيّة، ويستعمل أوكسيد التيـــتان وأوكسيد السيليس (السيليكا) في صناعة المراهم - الكريمات لتفتـــيح البشرة، فعلى سبيل المثال أدخلت شركة "لوريال" L'Oreal العالمية لمستحضرات التجميل الكثير من مواد النانو في منتجاها من مواد التجمـــيل والمراهم المضادة لأشعة الشمس Sunscreens، حيث تقوم جـــزيئات النانو بحجب الأشعة فوق البنفسجية (UV) Ultraviolet كلها ويبقـــى المرهم في الوقت نفسه شفافاً، كما تستعمل تكنولوجيا النانو الآن في صناعة بعض المعدات الرياضية وبخاصة "مضارب التنس"، مثل "مضرب التـــنس" nCode racket، التي قامت بإنتاجه شركة "ويلسون" Wilson الأميركية عام 2004، وتستخدم في صناعته "بلورات أوكسيد السيليكون النانوية" nano-sized silicon dioxide crystals، (أنظر الشكل 11).

ويرى العديد من العلماء أن تطبيقات النانو تكنولوجي سوف تشمل كـــل مجالات الحياة، وبدرجة تفوق الخيال، يقول العالم "دافيد بيشوب" David Bishop من مختبرات شركة "بيل" Bell-Labs لتكنولوجيا "لوسنت"



شكل (11): مضرب التنس nCode الذي أنتجته شركة "ويلسون" Wilson الأميركية، باستخدام تقنية النانو (www.wilson.com)

Lucent Technologies في نيوجيرسي الأميركية، أنه من الصعب تصور صناعة لا تكون عرضة لتدخل النانوتكنولوجي، ويقول العالم "توم ثيس" Tom Theis مدير العلوم الفيزيائية في أبحاث شركة IBM الأميركية العالمية، أن المواد التي تحمل في اسمها عبارة "نانو" Nano ستكون من مميزات المرحلة القادمة[5].

وفيما يلي بعضاً من تطبيقات النانوتكنولوجي في مجال الصناعة:

الطلاء أو التغليف بالنانوتكنولوجي NanoCoatings:

من بين التطبيقات الصناعية المهمة والواعدة للنانوتكنولوجي، تقنية التغليف بالنانوتكنولوجي، على شكل طلاءات وبخاخات جديدة تعمل على تكوين طبقات تغليف تحمي شاشات الأجهزة الإلكترونية من الخدوش وتجعل الأوراق والوثائق المهمة عازلة للماء ولا تتشربه أو تتأثر به، وتمتاز هذه الطلاءات بأنها رخيصة الثمن وسهلة الاستعمال وصديقة للبيئة، والتي ستغنينا كثيراً عن مواد الطلاء المستخدمة حالياً.

وطـبقة تغليف النانو عبارة عن مواد صلبة سائلة، تتكون من جزيئات شـديدة الصغر، وتتصف بخصائص فريدة مثل المرونة الشديدة وسهولة الإلتصاق ومقاومتها للتآكل ونمو الميكروبات، وهذه الخصائص يمكن أن تحدث تغييراً جذرياً في عمليات التصنيع.

ففي عام 2003 قامت "سالي رامسي" Sally Ramsey – رئيسة الباحـثين الكيميائـيين والـشريكة في تأسيس شركة التغليف البيئي الأميركـية Ecology Coatings – بالتقـصي عن التكاليف والفوائد البيئية الكامنة في التغليف بالنانوتكنولوجي، واستخدمت جزيئات نانو صـغيرة جـداً من أوكسيدات معدنية لتصنيع طبقة عازلة للماء توضع فـوق الـورق، وذلك بنصف تكلفة تصنيع الورق الصناعي، وتقول "رامسي" بأنه من الممكن أن نستخدم الطلاء بالجزيئات النانوية في صنع صـناديق كرتونية عازلة للماء، كما يمكن أن تدخل في تركيب مواد البـناء كالجدران الجافة وتمنع نمو العفن فيها إذا أصيبت بالرطوبة، كما أن هـذا الطـلاء المدهش يمكن أن يجعل شاشات الأجهزة الإلكترونية الـصغيرة مـثل "الآي بود" iPod والهواتف الجوالة تعمر أكثر، تقول "رامـسي" إن التغلـيف بالنانوتكنولوجـي سـيزيد مقاومة الأجهزة للاحـتكاك والخـدش، ويجعل قوة الأسطح أقوى أكثر وبدون فقدان الوضوح.

والتغلـيف بالنانوتكنولوجـي عن طريق شركة "التغليف البيئي" Ecology Coatings، والمـرخص من قبل شركة الكيمياء "دوبونت" DuPont، يمكن أن يحدث ثورة فريدة في عالم تصنيع قطع غيار الآليات عـندما تصبح تجارية، وتأمل شركة "دوبونت" أن تنتج "طلاء النانو" الـذي يمـنع التسرب ويحمي مكونات الآليات ويخفض الآثار الجانبية البيئـية لتـصنيع الـسيارات، وذلـك عن طريق توفير الطاقة والمواد

المستخدمة. كما أن الطلاء بالنانوتكنولوجي يمكن أن يغير من الطرق المستهلكة للوقت والعمليات المكلفة لطلاء قطع الآليات، إذ إن جزيئات النانو صغيرة جداً لدرجة تكفي لاستخدامها في بخاخات تقليدية للمعدات.

وبالنسبة إلى الصيانة، ترى "رامسي" أن قطع الغيار المطلية بالنانوتكنولوجي يمكن صيانتها بسهولة، وذلك بتعريض سطح القطع للأشعة فوق البنفسجية لمدة 10 ثوان أو أقل، وبعد أن تصطدم الأشعة فوق البنفسجية بسطح القطع المطلية، يتحول السطح إلى شرائح بلاستيكية رقيقة غير مخدوشة. والصيانة بهذه الطريقة التي تتم عند درجة حرارة الغرفة سوف تغير من معايير عمليات الصيانة الحالية التي تتطلب وضع القطع في داخل فرن تصل درجة حرارته إلى 205 درجة مئوية لمدة 40 دقيقة، مما يعرض هذه القطع لظروف قاسية، الأمر الذي يؤثر سلباً على عمرها. وبسبب انتفاء الحاجة لاستخدام مواد كيميائية خطرة، استطاعت تقنية الطلاء بالنانوتكنولوجي أن تنقذ القطع المصنعة وتزيل الحاجة لتعقب الانبعاثات والتخلص من المواد المذابة الناتجة عن عمليات التصنيع، ولأن هذه الطلاءات صديقة للبيئة وليست لها آثار جانبية في استخداماتها، ونظراً لقلة تكلفتها التصنيعية، فقد حصلت على رخصة من "وكالة حماية البيئة" Environmental Protection Agency.

يقول "بوب ماثيسون" Bob Matheson - المدير التقني للإنتاج التكنولوجي الاستراتيجي في شركة "دوبونت" - إن استخدام الطلاء بالنانوتكنولوجي يعتمد على مواد يمكن أن تقلل من تكاليف استخدام الطلاء العادي، كما أن التحول إلى استخدام هذه التقنية قد يحدث تغييراً في تصميم قطع غيار الآليات، فهذه التقنية سوف يتم تطبيقها على القطع غير الظاهرة للآليات، مثل مرشحات (فلاتر) الزيوت

وأسطوانات الفرامل. وقد اختارت شركة "دوبونت" هذه التقنية لأنها نظيفة وتتطلب طاقة أقل للصيانة من تلك التي تعتمد على طرق الصيانة الأخرى الحالية. كما أن هذه التقنية ستقلل من كمية الطاقة المستخدمة في عملية الطلاء بمعدل 25 بالمئة، ومن تكلفة المواد التصنيعية بنسبة 75 بالمئة.

أما "بول أوغلوم" Paul Uglum من شركة "دلفي" Delphi المصنعة لقطع غيار الآليات، فيقول إن الشركة قد بدأت بالفعل في استخدام الطلاءات بالنانوتكنولوجي التي يمكن صيانتها باستخدام "الأشعة فوق البنفسجية"، والتي عن طريقها سيتم توفير طاقة كبيرة، بالمقارنة بعمليات الصيانة عن طريق المعالجة الحرارية المستخدمة حالياً في عمليات التصنيع والتي تبطئ عملية الإنتاج. فعلى سبيل المثال، ينتج قسم "دلفي" 3.5 مليون قطعة أسبوعياً، وقد قدرت كمية الطلاء التي يتم توفيرها بآلاف الغالونات أسبوعياً. وفي مجال الطب، ستفتح تقنية التغليف بالنانوتكنولوجي آفاقاً كثيرة واعدة في العمليات الجراحية الدقيقة، أو في صناعة الأدوية عن طريق إدخال مواد معينة مغلفة بطلاء نانوي إلى مكان محدد في الجسم، ثم إذابة هذا الطلاء لإطلاق الأدوية والمواد الفعالة بتركيزات معينة، فعلى سبيل المثال حالياً تقوم شركة الأدوية الأميركية Nucryst Pharmaceuticals، بإنتاج أغلفة طبية medical coatings مشربة ببلورات نانوية من عنصر الفضة silver nanocrystals الذي يتميز بخاصية مقاومة للميكروبات، حيث تقوم الضمادات الطبية medical dressings المكسوة ببلورات الفضة النانوية التي يتراوح حجمها بين 1 و100 نانوميتر، بإطلاق أيونات فضية سريعة المفعول ومتواصلة الانطلاق في الجروح لتسريع الشفاء، ويتم حالياً استخدام هذه التكنولوجيا في مراكز معالجة الحروق عبر الولايات المتحدة[6].

كمـــا طورت شركة "نتشرال نانو" NaturalNano الأميركية في روشـــستر بولاية نيويورك، نوعاً من الطلاءات أو الأصباغ يعمل على تقنـــيات الـــنانو، يمكـــن تغيير خصائصه كي يتحول إلى حاجز لصد إشـــارات موجات الهاتف المحمول، أو منفذ يسمح لها بالمرور، وسوف يمكـــن توظـــيف هـــذا الطلاء الجديد في جدران قاعات دور السينما والمـــسارح، بحـــيث يـــسمح لأصحاب الهواتف المحمولة مثلاً بتبادل المكالمـــات قـــبل بداية العروض أو الفعاليات، ثم منعها حال افتتاحها. ويعتمد مبدأ عمل الطلاء على وضع جزيئات صغيرة من النحاس داخل أنابـــيب نانـــوية تظهـــر طبيعياً في تربة الأرض في ولاية "يوتا"Utah الأميركـــية، ويعمـــل هـــذا الطـــلاء معاً مع جهاز لترشيح أو تصفية الإشـــارات الهاتفـــية بعد جمعها خارج موقع محكم، بهدف تمرير بعض الإشارات دون غيرها[7].

وفي مؤتمر "استخدام النانوتكنولوجي في الوقاية من الجريمة والكشف عـــنها" Nanotechnology in crime prevention and detection conference، والـــذي أقـــيم في لندن في 28 تشرين الأول/أكتوبر 2003، كـــشف البروفيسور "فيكتور كاستنو" Victor Castano بالجامعة الوطنية المستقلة بالمكسيك National Autonomous University of Mexico، عن مادة طلاء جديدة باستخدام تقنية النانوتكنولوجي غير قابلـــة للكتابة عليها، تعرف باسم "ديليتوم 5000" Deletum 5000، المكـــون الأساســـي فيها هو جزيئات نانوية من السيليكا (أوكسيد الـــسيليكون) nanoparticals of silica (silicon dioxide) (SiO_2) ملتصقة بسطحها جزيئات مضادة للزيوت وأخرى مضادة للمياه، لأن المـــواد المستخدمة في الكتابة أو الرسم إما تحتوي على الزيت أو المياه، وخلـــط الجـــزيئات المضادة للزيت والماء معاً سيؤدِّي فقط إلى فصلها،

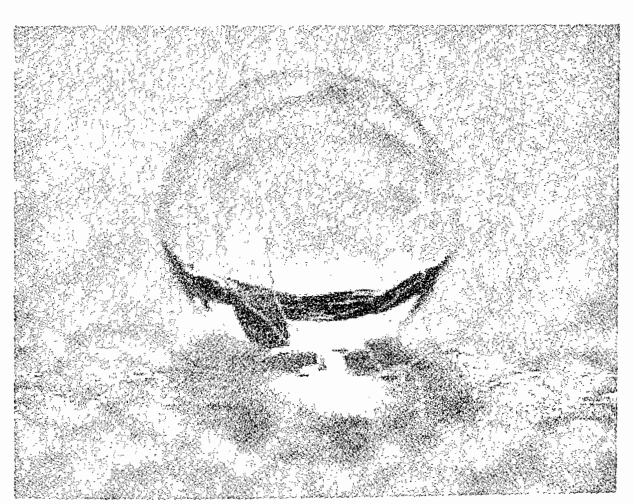
ولكن خلطهم مع "السيليكا" سيجبر الجزيئات على البقاء على السطح الخارجـــي عـــندما يجف الطلاء، وتكون النتيجة أن أي مادة دهان لن تــصمد علـــى الــسطح، وإذا جفت على السطح فإنه يسهل تنظيفها ومـــسحها. ويقـــول "كاســـتنو" مبتكـــر الطلاء ومؤسس شركة "windsend" المنـــتجة له، أن طلاء "ديليتوم 5000" يستخدم حالياً في المكـــسيك لحمايـــة المـــباني، ويمكـــنه أن يوفر للمدن الكبيرة ملايين الـــدولارات مـــن تكالـــف النظافة، ويمكن أن يستخدم على أسطح الخرســـانة والطوب والمعادن والبلاستيك والخشب، ويتحمل الهجمات المتكـــررة، وعمره الافتراضي 10 سنوات، وهو ضعف عمر أي مادة ســـابقة، وحيث إنه يمكن طلاؤه بطبقة رقيقة جداً فهو يستخدم لطلاء أسطح حوائط المنشآت التاريخية والأثرية بدون حدوث تلف للحوائط. وهذا يعني أن حوائط المطابخ أو المصانع لن تحتاج إلى تنظيف[8].

كمـــا أن للتغلـــيف بالجزيئات النانوية من ثاني أوكسيد التيتانيوم Titanium Dioxide (TiO2) دور مهم في صناعة الملابس ذاتية التنظيف Self-cleaning Clothes، أي التي تغسل وتنظف نفسها، دون الحاجة لغـــسالة ملابـــس، فعندما تتمكن نانو جزيئات ثاني أوكسيد التيتانيوم Nanosized TiO2 particles مـــن امتصاص الأشعة فوق البنفسجية، تصبح كيميائياً فاعلة، وتستعمل هذه الخاصية في صنع مواد كثيرة ذاتية التنظيف كالطلاء والزجاج، حيث تستخدم هذه الجزيئات النانوية أشعة الـــشمس لحرق الأوساخ والغبار وغيره، ففي بحث نشرت نتائجه عام 2004 في مجلـــة "جمعية السيراميك" الأميركية American Ceramic Society، توصـــل الباحثان الكيميائيان "وليد داوود"، و"جون زين" Walid Daoud & John Xin، مـــن "معهـــد الأنسجة والملابس" Institute of Textiles and Clothing في جامعة هونغ كونغ التقنية

The Hong Kong Polytechnic University، إلى صناعة أنسجة لا تتسخ ولا يحتاج الإنسان إلى غسالة ملابس لتنظيفها، إذ لا تحتاج فقط إلا إلى ضوء الشمس، وذلك عن طريق تغطية الأقمشة القطنية بجزيئات نانوية من ثاني أوكسيد التيتانيوم، لا يتعدى سمكها 20 نانومتر (أقل 25 ألـــف مـــرة من سمك شعرة الرأس)، حيث تتفاعل هذه الجزيئات مع الـــضوء ليكـــسر المركبات العضوية مثل الأطعمة والزيوت والروائح والملـــوثات البيئـــية والأحياء الدقيقة الضارة كالفيروسات والبكتيريا، وتحـــويلها إلى ثاني أوكسيد الكربون والماء. وعن مراحل التنفيذ يقول الباحـــثان، أنه يتم وضع الأقمشة القطنية في سائل مذاب فيه أوكسيد التيتانيوم لمدة 30 ثانية، ثم تجفيفها، وبعد ذلك يتم تعريض الأقمشة لدرجـــة حـــرارة تـــبلغ 97 درجة مئوية لمدة 15 دقيقة، ثم توضع الأقمـــشة في مـــاء مغلي لمدة 3 ساعات حتى تثبت طبقة أوكسيد التيتانـــيوم بالملابس، والتي تظل تعمل طالما تعرضت للضوء لأنها لا تنضب أبداً.

وباســـتخدام التغلـــيف بتقنية النانوتكنولوجي تمكن باحثون من جامعـــة زيوريخ السويسرية University of Zurich من تطوير نسيج نانـــوي طارد للماء water-repellent nanotech fabric بنسبة 100 بالمئة، وقد نشرت نتائج هذه الدراسة في عدد 24 تشرين الثاني/نوفمبر 2008 مـــن مجلـــة "المواد الوظيفية المتقدمة" Advanced Functional Materials، يقـــول الباحـــث "ستيفان سيغر" Stefan Seeger، من معهد الكيمياء الفيزيائية Institute of Physical Chemistry بجامعة زيورخ وأحـــد المشاركين في الدراسة، أن الفريق البحثي تمكن من إنتاج نسيج نانـــوي طارد وعازل للماء، وذلك من خلال تغليف الألياف المصنوعة من مادة البوليستر بخيوط نانوية من السيليكون silicon nanofilaments،

حـيث يـتحول الماء إلى كريات كروية دقيقة تنـزلق على سطح النـسيج ولا تـبلغ قط مادة البوليستر الأصلية (أنظر الشكل 12)، وكـشفت الـتجارب أن النسيج قادر على الصمود لفترات زمنية طـويلة دون أن يخترقه الماء أو يعلق به، ويضيف الباحث بأنه يمكن اسـتخدام النـسيج الـنانوي الطـارد للماء في صناعة الأنسجة والبوليمرات مثل القطن والصوف والفسكوزViscose (مادة لدائنية تـستخدم في صـنع الحرير الصناعي) وكذلك في صناعة الزجاج والمعـادن، وتغطـية سطوح المنازل وعزل السدود والبناء والجسور وكسو أجسام الطائرات.

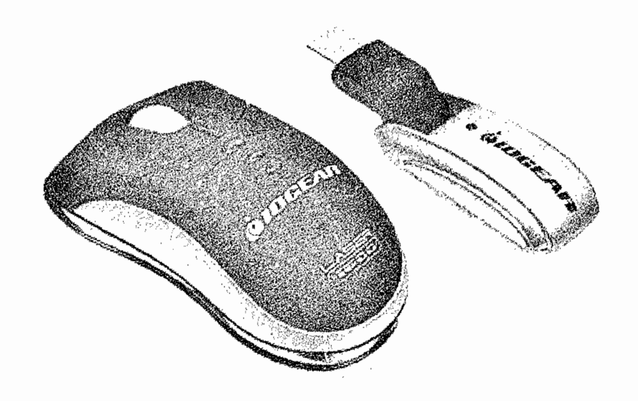


شكل (12): نسيج نانوي طارد للماء، حيث تبقى قطرات الماء على شكل كرات كروية على سطح النسيج (موقع جامعة زيوريخ السويسرية www.uzh.ch)

ومـن بين الشركات العاملة في مجال استخدام النانوتكنولوجي في صـناعة الأنسجة، شركة "الأنسجة النانوية"Nano-Tex الأميركية في كاليفورنـيا، الـتي تقـوم بإنتاج ملابس بأنسجة نانوية مقاومة للبقع

والأوساخ السائلة، فما أن تضع "تي شيرت" مثلاً في كوب من القهوة وتــرفعه مــن الكوب سرعان ما يعود إلى لونه وشكله الطبيعي بمجرد جفافه، كما تنتج الشركة ملابس مقاومة للسوائل أو المواد التي تسكب عليها Resists Spills، وأيضاً ملابس مقاومة لامتصاص الشحنات الكهربائية الساكنة أو الإلكتروستاتيكية في أجسامنا Resists Static (وهي عكس الكهربائية المتدفقة، وتحدث عندما تفقد أو تكتسب مادة كهــربائية مــتعادلة الــشحنات إلكترونات "جزيئات سالبة الشحنة" وتــتحول إلى مــادة ذات شحنات موجبة أو سالبة)، وهذه الشحنات الكهــربائية الــساكنة قــد تجعل أجسامنا مستعدة لاستقبال صعقات كهــربائية عــند ملامــستنا لأي نــوع مــن الأجهزة الكهربائية أو الإلكترونية[9].

وفي أيلول/سبتمبر 2006 أعلنت شركة "آيوجير" Iogear الأميركية أنهــا طورت فأرة كومبيوتر"ماوس" Mouse تكافح الفيروسات المعدية التي تعلق على سطحها وتصيب الإنسان، وأطلقت الشركة على الفأرة الكومبيوتــرية اسم "الماوس الخالي من الميكروبات اللاسلكي الليزري" Germ Free Wireless Laser Mouse وقــد صمم بغطاء خارجي بتقنــية الــنانو يقــضي على 99 بالمئة من الميكروبات التي تعلق على ســطحه، حيث يتكون غطاء الفأرة الكومبيوترية من دقائق صغيرة من أوكــسيد التيتانيوم Titanium Dioxide، والفضة Silver (Ag)، وهلــك الميكــروبات العالقة عليه بفضل معادلة كيميائية تحدث على ســطحه. ويجتذب أوكسيد التيتانيوم جزيئات الأوكسجين والماء. وفي ظــروف الإضاءة تتولد نتيجة وجودها أيونات الأوكسجين التي تؤدِّي إلى القضاء على الميكروبات[10]، (أنظر الشكل 13).



شكل (13): ماوس الكمبيوترMouse الذي أنتجته شركة "آيوجير" Iogear الأميركية، والمطلى بمواد نانوية للقضاء على الميكروبات (www.iogear.com)

المركبات النانوية Nanocomposites:

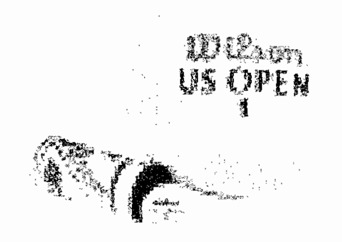
تقنية النانو المركب هي عبارة عن مواد مركبة من خليط لعناصر نانومترية هي عبارة عن مواد يتم خلقها من خلال وضع جسيمات أو دقائق النانو في مادة نموذجية ميكروسكوبية.

ويستخدم النانو المركب في بعض أجزاء السيارات، وتتصف هذه التقنية بكونها مقاومة للخدش وخفيفة الوزن، ومقاومة للصدأ، وكونها أيضا تولد تحسينات في القوة وتخفيضات في الوزن، ومن شأنها أيضاً أن توفـــر في استخدام الوقود وزيادة العمر. وفي عام 2001، بدأت شركة تويوتا باستخدام النانو المركب في واقي الصدمات، الأمر الذي أدّى إلى تخفيف وزنه بنسبة 60 بالمئة ومضاعفة مقاومته للخدش والثقب.

وسيكون لتقنية النانو المركب آثار مستقبلية، فقد تؤثر على ورش الـــصيانة حـــيث يقل الطلب على التصليح، كما تتأثر شركات تأمين السيارات، إذ سيكون هناك مطالبات أقل. ومن المتوقع أن تقوم وكالة

الفضاء الأميركية (ناسا) (NASA) ووكالة الفضاء الأوروبية (إيسا) وغيرها من وكالات السفر إلى الفضاء بفحص هذه التقنية جديا الأمر الذي سيؤدِّي إلى تكاليف أقل للإطلاق والقدرة على حمل مواد أكثر للبقاء في الفضاء.

وهناك الآن غلاف النانو المركب Nanocomposite Coating الذي يستخدم الآن في كرة التنس ثنائية المركز التي ابتكرها ويلسون (Wilson Double Core) حيث تحوي غلافًا من النانو المركب يجعلها تبقى تتردد مرتين أكثر من الكرات العادية، وهذا الغلاف قامت بصناعته شركة InMat عام 2001، وهو خليط من مطاط البوتيل butyl rubber، يتداخل مع دقائق صلصال النانو nanoclay particles، وهو ما يمنح الكرة طبقة حماية تمنحها عمراً أطول، (أنظر الشكل 14).



شكل (14): كرة التنس ثنائية المركز، من إنتاج الشركة الأميركية InMat، والتي تحوي غلافاً من النانو المركب Nanocomposite يجعلها تتردد مرتين.
(www.inmat.com)

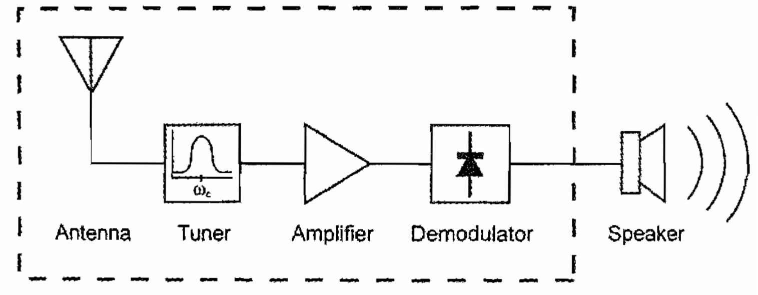
ومن المرجح أيضاً أن يستخدم غلاف النانو المركب في إطارات المركبات حيث سيجعلها أخف وزناً، ما يؤهلها لقطع مسافات أطول، ويساعد على بقائها في الخدمة زمناً أطول الأمر الذي يخفض التكلفة[11].

ومـــن مواد النانو المركبة الجديدة التي طورتها شركة "ديناميكيات النانو" Nanodynamics المادة الهجينة المسماة Quasam، التي اخترعها الباحث "بنجامين دورفمان" Benjamin Dorfman، والمصنوعة من أنابيب الكربون النانوية، والتي تعمل كـــ "جلد ذكي" smart-skin، حـــيث إن لـــديها القـــدرة على قياس الضغط والكشف عن أعطال التـــركيبات قـــبل حـــدوثها، كما تمتاز بكونها ذاتية التنظيم، ومضادة للجلـــيد، ومقاومة للحرارة حتى 900 درجة مئوية، حيث تضاف إلى البلاســـتيك والـــسيراميك والمعـــادن فتصبح قوية كالفولاذ، وخفيفة كالعظـــام، وسيكون لهذه المادة استعمالات كثيرة خصوصاً في صناعة هياكل الطائرات والأجنحة(12).

أجهزة النانو لاسلكي Nanotube Radio:

ومع التقدم في تقنية النانوتكنولوجي بدأت الكثير من الاختراعات المذهلة والمدهشة في الظهور على ساحة العلم والتكنولوجيا، ومن أهمها جهـــاز النانو لاسلكي Nanotube radio وهو جهاز راديو نانو تيوب صـــغير جداً تتألف داراته الأساسية من أنابيب الكربون النانوية متناهية الـــصغر (نانوتـــيوب)، ومن شأنه تحسين كافة الأجهزة اللاسلكية من الهواتـــف الجـــوالة إلى التشخيص الطبـــي. وقد تمكن من ابتكاره عام 2007 عـــالم الفيزياء أليكس زيتي Alex Zetti وزملاؤه في جامعة كاليفورنيا بيركلي University of California at Berkeley. وكان الهـــدف مـــن أبحـــاث الفريق البحثي بقيادة العالم "زيتي" صنع أجهزة لاســـلكية صغيرة كجزء من محاولة لإنتاج مستشعرات بيئية لاسلكية رخيـــصة، مـــن خلال تصغير الأجزاء المفردة للمستقبلات اللاسلكية كالهوائي والموالف الذي يقوم باختيار تردد واحد وتحويله إلى سيل من

النبضات الكهربائية التي ترسل لمكبر الصوت، لكن ظهر أن الجمع بين المكونات الدقيقة المنفصلة أمر صعب، ولكن في عام 2007 تمكن العالم "زيتي" وفريقه البحثي من اكتشاف أن بإمكانية أنبوب نانوي واحد أن يفعل كل هذه الأمور، (أنظر الشكل 15). وبإمكان جميع الأجهزة اللاسلكية الاستفادة من أجهزة النانو لاسلكي، فمن شأن الأجزاء الإلكترونية الصغيرة مثل الموالفات تخفيض استهلاك الطاقة وإطالة عمر البطارية، وبإمكان أجهزة النانو لاسلكي أيضاً توجيه الاتصالات اللاسلكية إلى مجالات جديدة، بما في ذلك الأجهزة الدقيقة جداً التي تسير في مجرى الدم لإطلاق الأدوية والعقاقير حسب الطلب(13).



All-in-one nanotube radio

شكل (15): جهاز راديو نانوتيوب،
سيقوم بتحسين كافة الأجهزة اللاسلكية.

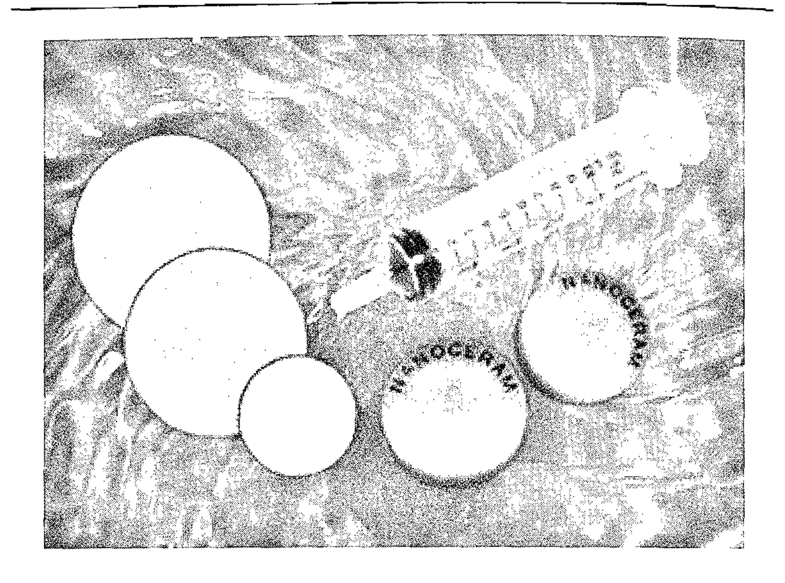
(Lawrence Berkeley National Laboratory: www.lbl.gov.)

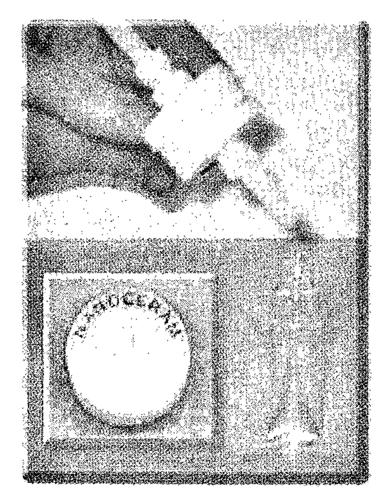
مرشحات النانو:

ومن بين الصناعات الواعدة التي تدخل فيها تقنية النانوتكنولوجي، "مرشحات النانو" Nanofilters، وهي مرشحات دقيقة مصممة من دقائق النانو أو الأغشية المستخدمة، لعزل المواد بالغة

الـــصغر. فعلـــى سبيل المثال، شركة "ارجونيد الأميركية لمواد النانو" Argonide Nanomateials التي تأسست عام 1994 للاستثمار في النانوتكنولوجـــي، حـــيث تمتلك مصنعاً - في مدينة أورلاندو بولاية فلـــوريدا - لإنتاج جزيئات النانو Nanoparticles ومرشحات النانو Nanofiltration، قامـــت بإنتاج مرشح "نانو ألومينا" (أوكسيد الألمنيوم) Nanoalumina filter (يـــباع الآن تحت اسم نانوسيرم NanoCeram)، ويمكـــنه ترشيح أصغر جزء في الجسيمات الدقيقة، وهو يستطيع أن يجذب ويحتفظ بالجسيمات التي هي دون الحجم الميكروني وذات الحجم النانوني. وهي مفيدة في تعقيم (تطهير) الأمصال الطبية والدوائية sterilization of pharmaceutical and medical serums، وفصل البروتين protein separation، وأيـــضاً كمجمِّع/مكثف collector/concentrator لأجهزة الكشف detectors في الحروب البيولوجية biological warfare والعديد من التطبيقات الأخرى[14]، (أنظر الشكل 16).

وســـيكون لمرشـــحات الـــنانو دوراً مهمـــاً في المستقبل، حيث ستستخدم في عملية تنقية مياه الشرب بكفاءة وبطريقة سهلة. كما أنها ستكون مفتاحاً لفصل أفضل لبروتينات الدم لأغراض التحليل المخبري، وستسهم في تسريع تبادل الأيونات في خلايا الوقود، وخلق بيئة جديدة لإنـــبات الخلايـــا الجذعية العصبية، وتنقية الهواء والماء في المستشفيات والغرف المعقمة على المستوى النانوسكوبـــي.





شكل (16): مرشحات "نانوسيرم"NanoCeram التي تنتجها شركة "آرجونيد" Argonide الأميركية.

(www.argonide.com)

جزيئات الفضة النانوية وتطبيقات واعدة في الأجهزة الإلكترونية والأنسجة:

من المعروف أن معدن الفضة له خصائص طبية هائلة، حيث يعد مضاداً طبيعياً للبكتيريا والفطريات، فهو قادر على قتل أكثر من 650 جرثومة دون أن يؤذي الجسم البشري، ويرمز للفضة بالأحرف (Ag) نسبة إلى كلمة أرجنتيم Argentum باللاتيني، وتشير إلى الأرجنتين حيث وجدت الفضة بكثرة.

وقد استغل العلماء خصائص الفضة هذه، بالاستفادة من جزيئات الفضة بحجم النانو Nano-sized Silver particles، في العديد من التطبيقات الهائلة، على سبيل المثال استثمرت شركة "سامسونج إلكترونيكس" Samsung العالمية المتخصصة في مجال التقنيات الرقمية، حوالى 10 ملايين دولار، لتطوير "نظام سيلفر نانو الصحي" Silver Nano Health System الذي يعتمد على مادة الفضة للحماية من الأمراض ومعالجتها، وبعد أبحاث دامت أعواماً عديدة، نجح خبراء سامسونج في تجزئة عنصر الفضة كهربائياً إلى أيونات بحجم النانو (أي أصغر من سماكة الشعرة بـ 75 ألف مرة) بهدف القضاء على الجراثيم والفطريات وما يزيد عن 650 نوعاً من البكتريا وإيقاف نموها وتكاثرها، حيث ساعدها تقنية النانو في تمديد مساحة السطح النسبي للفضة بشكل يعزز من تأثيره المضاد للبكتيريا والفطريات، وقامت بصنع العديد من الأجهزة الإلكترونية التي تراعي المعايير الصحية والمزودة بتقنية التطهير فائقة الدقة "سيلفر نانو"، كالغسالات والثلاجات ومكيفات الهواء، وقد أطلقت شركة "سامسونج" عام 2005 في الشرق الأوسط ولأول مرة، مجموعة "هوزن" Hauzen الجديدة من الغسالات التي تراعي أرقى المعايير الصحية والمزودة بتقنية التطهير فائقة

الدقة "سيلفر نانو". وتجسد هذه المجموعة، التي تتوفر بسعة 10 كجم، الجيل الجديد من هذه الغسالات المصممة بحيث تضمن لمستخدميها التعقيم التام والحماية المؤكدة من البكتيريا والفطريات لمدة 30 يوماً، فضلاً عن فاعليتها في توفير الطاقة واختصار الوقت.

وتم تجهيز الغسالة الجديدة بنظام "التنظيف بالفضة" Silver Wash الذي يعتمد على التحليل الكهربائي لجزيئات الفضة التي تقضي على البكتيريا والعفن بنسبة 99.9 بالمئة، فتترك الثياب نظيفة، وصحية وخالية من البكتريا والميكروبات. وتبرز أهمية تقنية "سيلفر نانو"، التي تجمع بين خواص التطهير والحماية التي تتسم بها جزيئات الفضة (Ag+)، حيث تقضي على الجراثيم بنسبة تصل إلى 99.9 بالمئة دون الحاجة إلى استخدام الماء الساخن أثناء الغسيل، مما يؤدِّي إلى الاقتصاد في الكهرباء اللازم للحصول على درجة النظافة والحماية المطلوبة.

ويقوم مبدأ هذه التقنية على انتشار محلول الفضة على شكل جسيمات مجهرية قادرة على اختراق الخلايا بسهولة، وبمجرد ملامسة هذه الجسيمات لخلايا البكتيريا أو الفيروسات أو الفطريات، فإنها تقوم بتعطيل عملية التنفس وإيقاف عملية التمثيل الغذائي لديها مما يعيق نمو الخلايا.

وعند اختيار العمل بنظام "التطهير أو التعقيم بالفضة" Silver Sterilization، يتم تغطية الملابس بطبقة من جزيئات الفضة النانوية silver nano particles خلال مرحلة الشطف، وبذلك يتم القضاء نهائياً على البكتيريا وحماية الملابس منها وإزالة الروائح الكريهة لمدة 30 يوماً. يضاف إلى ذلك، أن تغليف الملابس بطبقة من جزيئات الفضة يعزز الخواص المضادة للحساسية في الملابس عبر إزالة العوامل المسببة لها.

وحيث إن الفضة يمكن أن تنسج وتتشابك مع القطن والبلاستيك والنايلون، وفي الأحذية والبطانات والأنسجة القطنية والخوذات والجوارب، وغيرها من أجزاء المعدات والمستلزمات الرياضية، كما تمتاز بقدرتها على قتل البكتيريا والميكروبات. فقد استفاد العلماء من ذلك، حيث قامت شركة "نانوهوريزون" NanoHorizons الأميركية بتطوير "جزيئات الفضة النانوية" وإنتاجها تحت اسم "الفضة الذكية" SmartSilver's Nanotechnology وإدخالها ضمن المعدات والأدوات الرياضية لقتل البكتيريا والميكروبات التي تسبب الروائح الكريهة[15].

كما تمكن باحثون من جامعة هانيانغ Hanyang University في سيول عاصمة كوريا الجنوبية، من إدخال "جزيئات الفضة النانوية" Silver Nanoparticles مع البولي بروبيلين Polypropylene Fiber، الذي يدخل في صناعة أنسجة الملابس، واستخدامها كمضادات حيوية للبكتيريا والميكروبات في أنسجة الملابس. وقد نشرت نتائج هذا البحث في عدد تموز/يوليو 2003 من مجلة "البوليمرات الدولية" Polymer International[16].

ومن تطبيقات النانوتكنولوجي التي ستكون ملموسة للإنسان أو على الأقل لأقدامه، استخدام جزيئات الفضة النانوية nanoparticles of silver في صناعة الجوارب Nano Silver Socks للقضاء على البكتيريا المسببة للروائح الكريهة للقدمين smelly feet، وهو تطبيق دخل روسيا في الآونة الأخيرة. يقول "سيرغي موسكالينكو" Sergy Moskalenko المدير العام لشركة ارتيكس لصناعة الجوارب "إن هذه التقنية تسمح بإنتاج جوارب لا تتسبب في ظهور روائح كريهة حتى بعد استخدامها لعدة أيام، والفضل هنا يعود إلى جزيئات الفضة النانوية التي تكافح الميكروبات وتحول دون تكاثرها في نسيج الجوارب"[17].

تطبيقات النانوتكنولوجي في وسائل المواصلات والاتصالات:

توشـك النانوتكنولوجي أن تغير بطريقة ثورية، الطرق التي تنتج وتدار بها وسائل المواصلات والاتصالات، فهي بعكس الطرق الإنتاجية المستخدمة حالياً حيث يتم جمع المواد معاً، تعمل النانوتكنولوجي على الـذرات واحدة واحدة، ثم تقوم بجمعها بشكل دقيق لإنتاج المواد مع الخـصائص المرغوب فيها. وهذا يعني على سبيل المثال أنه لم يعد هناك ضـرورة لاختـيار ألواح ضخمة لأجسام السيارات كي يتم تخفيض أسعارها أو اختيار سرير ضعيف لوسائط النقل للتقليل من وزن العربة. لهـذا يسعى الباحثون باستخدام النانوتكنولوجي إلى إيجاد طرق تهدف إلى صـناعة سـيارات أخف وأقوى وأرخص وأكثر سلامة، إذ ستتم إدارة مـصانع إنتاج السيارات بشكل أكثر كفاءة بفضل آلة الرصف المجهـرية، وسـيتم تقليل الإصابات التي تقع أثناء الإنتاج إلى درجة كبيرة. يقول "آلان تاوب" Alan Taub المدير التنفيذي لشركة "جنرال موتورز" General Motors للبحث والتطوير، إن النانوتكنولوجي تفتح لـنا عالماً جديداً تماماً في صناعة السيارات، نحن ندخل عالماً نستطيع أن نحـسنه بشكل فعلي في كل اتجاهاته الحساسة بدلاً من تحسين جانب واحـد مـنه علـى حساب جانب آخر. وقد بدأت شركة "جنرال موتـورز" مـنذ فتـرة باستخدام المركبات المصغرة المنتجة وفق تقنية النانوتكنولوجـي، وذلـك لبـناء سطوح أخف، لكنها أقوى، لعدة موديلات خاصة بعربات الشحن، إضافة إلى بناء أسرة خاصة بوسائط النقل، مثل "هامر إتش 2" Hummer H2، بالإضافة إلى الألواح الخارجية الخاصـة بسيارات "شيفروليت ماليبو" Chevrolet Malibu sedan. وباسـتخدام النانوتكنولوجـي أيضاً سيكون للسيارات القادمة نوافذ زجاجية تقاوم الشروخ والانكسار، وسيكون وزنها أخف، كما ستقدم

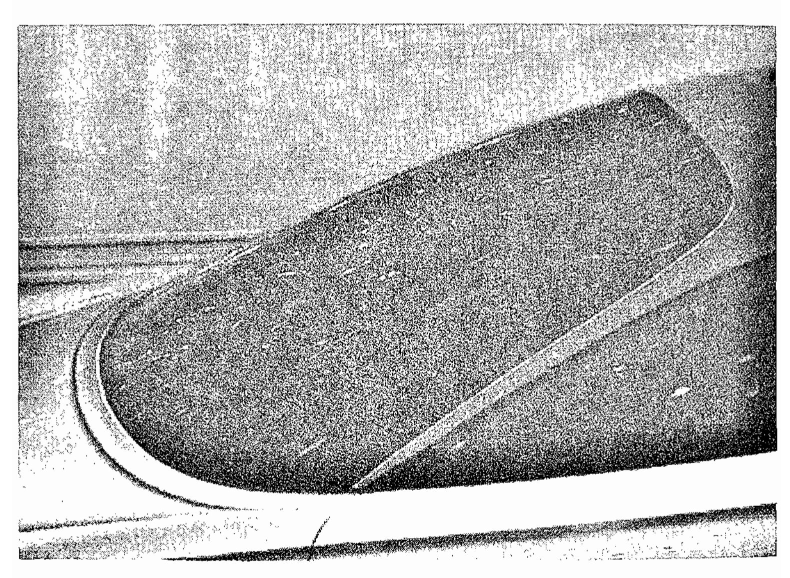
أجـــزاء الـــسيارة حماية أفضل في حالة وقوع أي اصطدام. وقد بدأت شركات صناعة السيارات التفكير في إنتاج أجهزة وقطع غيار صغيرة، فأكثر السيارات قد بدأت تضم أجهزة بحجم رأس الدبوس والمعروفة باسم "أنظمـــة الأجهزة الميكرو إلكترو - ميكانيك" (الأجهزة الميكروميكانيكية المتناهية في الصغر) microelectromechanical system، وتشمل هذه الأجهزة "معجل الأكياس الهوائية" air-bag accelerometers المـــستخدمة في حالات الاصطدام، وآلات التحسس (المستشعرات) في أنظمة التكييف الهوائي engine-oil condition sensors.

ومن بين التطبيقات الأخرى للنانوتكنولوجي التي سيتم تضمينها في صناعة السيارات:

- أنظمة التعليق Suspension system: حقن جسيمات حديدية صغيرة في بعض السوائل، لخلق مجال مغناطيسي يبدل اللزوجة من ســائل خفـــيف إلى صلد، وهذا ما يساعد السيارة على التبديل الفوري لنظام تعليقها المستند إلى الأوضاع التي يتحسسها.
- الكمالـــيات المانحـــة لرفاهية إضافية Amenities: مثل "حاملات الأكواب" cup holders القادرة على امتصاص أو إنتاج الحرارة، والحفـــاظ على درجة حرارة المشروب، فعلى سبيل المثال تقوم شـــركة "تيلوركس" Tellurex الأميركية في تطوير إنتاج مثل هذا.
- طلاءات تقاوم الخدوش Scratch-resistant paints: سيتم طلاء الـــسيارات بطـــلاءات مقاومـــة للخـــدوش مصنوعة وفق تقنية النانوتكنولوجي[18].

وفي شـــباط/فبراير 2008 أعلنت شركة" فيورافانتي" Fioravanti الإيطالية للسيارات، أنها استخدمت تقنية النانوتكنولوجي في تطوير زجاج

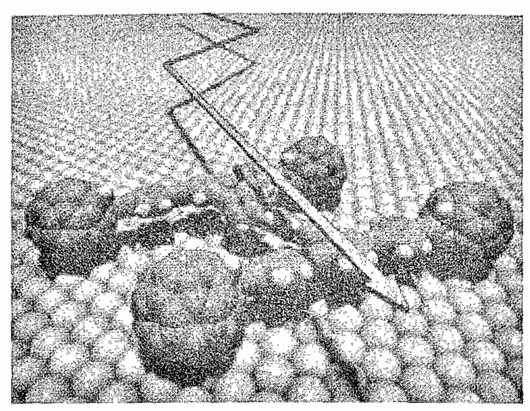
سـيارة تـسمّى "هيدرا" Hidra، فيها ينظف زجاج السيارة نفسه تلقائياً بدون الحاجة إلى "ماسحات زجاج السيارة" Windshield Wipers، ويـتكون هذا الزجاج من 4 طبقات، تقوم الطبقة الأولى بالحماية من أشـعة الشمس وصد المياه، والطبقة الثانية تحتوي على تقنية "النانو - دسـت" nano-dust، التي تدفع الأوساخ إلى أطراف الزجاج، وتعمل هـذه التقنية من خلال حاسة الاستشعار الموجودة في الطبقة الثالثة، أما الطـبقة الـرابعة فتحـتوي على الطاقة الكهربائية اللازمة لعمل جميع الطبقات الأخرى[19]، (أنظر الشكل 17).



شكل (17): زجاج ذاتي التنظيف مصنع بتقنية النانو للسيارة "هيدرا" Hidra، من إنتاج شركة "فيورافانتي" Fioravanti الإيطالية، باستخدام تقنية النانوتكنولوجي.

(www.fioravanti.it)

وبفضل تقنية النانوتكنولوجي تمكن العلماء من صنع أصغر سيارة في العـــالم (السيارة النانوية) Nanocar، حيث تمكن فريق بحثي بقيادة عالم الكيمياء "جيمس تور"James Tour في مختبر جامعة رايس الأميركية في هيوســـتن Rice University Laboratory in Houstonمن صنع تريليون تريليون سيارة بحجم نانومتري trillion trillion nanoscopic cars، والنانوســـكوبـــي Nanoscopic هو صفة لكل ذي حجم من رتـــبة النانومترات، حيث يحتوي طول نانومتر واحد من ثماني إلى عشر ذرات، وهو أصغر بألف مرة من الميكروسكوبـــي الذي يعني بالحجوم والأطـــوال الميكرومتـــرية، حيث لا يتجاوز عرض هذه السيارة أربعة نانومتـــرات، مما يعني أن نسقاً من 25000 ألف سيارة منها لا يتجاوز سماكة ورقة كتاب واحد. وقد تمكن الفريق البحثي من تصنيع عجلات لهـــذه الـــسيارة مـــن الكربون، ورصف طرق من معدن الذهب لها، وبتـــسخين هذه الطرق، كانت العجلات تدور بفعل التدرج الحراري وتتحـــرك الـــسيارات، كمـــا استخدم العلماء "المجهر النفقي الماسح" Scanning Tunneling Microscope (STM) لتوجيه حزمة إلكترونات تقـــود هذه السيارات بفعل كهروستاتيكي static electricity، ويقوم محـــور العجلات بتوجيهها بشكل أفقي على سطح الطريق. ويعمل العـــالم "تـــور" حالياً على إيجاد محرك داخلي internalmotor لهذه السيارات يقودها حيث يشاء على سطح المادة دون الحاجة للطرق أو للحزم الإلكترونية، من هذه المحركات محرك يعمل بطاقة الفوتونات photon-powered الـــتي تـــصدم جـــزيئات معينة فتحركها وتدير العجـــلات. ويقول العلماء بأن الفائدة المرجوة من هذه النانوسيارات، قـــد يكون حفر رقائق السيليكون بشكل دقيق لتصنيع إلكترونيات أقل حجماً وأكبر سرعة[20]، (أنظر الشكل 18).



شكل (18): "السيارة النانوية" Nanocar، تمكن من صنعها علماء من مختبر جامعة رايس الأميركية في هيوستن. (www.media.rice.edu)

كما أن "شركة يوانتونج المحدودة" ببكين Beijing Yuantang Corporation Ltd، قد استخدمت تقنية النانوتكنولوجي في تطوير "تكنولوجيا الوقود النانومتري" التي تسمّى ESP nano-fuel technology، وحصلت هذه التكنولوجيا على براءة اختراع في 21 دولة، ويقول الخبراء أن جهاز هذه التكنولوجيا الذي تركب به السيارة، يستطيع أن يحول كل الوقود العادي إلى وقود نانومتري، مما يخفض عادم السيارة بنسبة أكثر من 50 بالمئة، ويوفر الوقود بنسبة أكثر من 20 بالمئة، الأمر الذي يتجلى بأهمية بالغة بالنسبة إلى تخفيف حدة تلوث البيئة وأزمة الطاقة.

وفي كانون الثاني/يناير 2009، أعلنت شركة صناعة السيارات اليابانية "مازدا" Mazda اعتزامها طرح تكنولوجيا "المحول الحفاز" الجديدة Automobile Catalytic Converters القائمة على تقنية النانو، والذي يعمل على خفض العوادم الغازية، إذ يحول العوادم الملوثة للبيئة إلى مواد صديقة للبيئة، وذلك في الأسواق الألمانية خلال العام

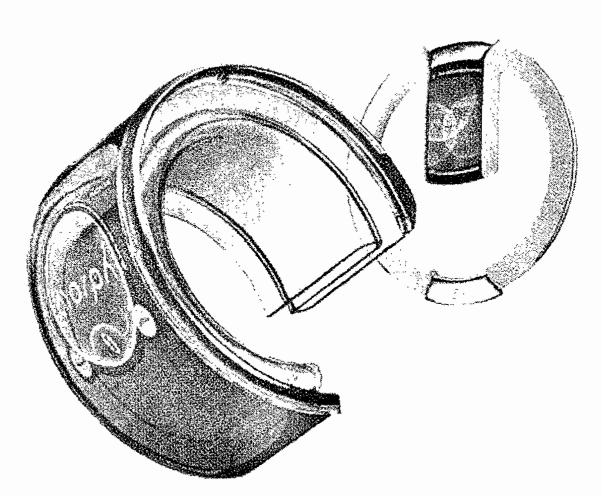
2009. وذكــرت الشركة أن تكنولوجيا المحول الحفاز أكثر فاعلية من التقنيات المماثلة الأخرى، حيث تخفض التلوث الناتج عن السيارة بنسبة 75 بالمئة عن الحد الأقصى المسموح به وفقاً لقواعد الإتحاد الأوروبــي البيئــية، كما أن تكنولوجيا المحول الحفاز الجديدة تقلل استخدام معدني "البلاتين والبلاديوم" النفيسين Platinum and Palladium في صناعة المحولات التحفيزية، وهو ما يقلل تكاليف إنتاجها. وقد أعلنت "مازدا" مــن مقر فرعها الألماني في مدينة كولونيا أن هذه التكنولوجيا الجديدة ستكون متاحة في السيارة "مازدا 3" المزودة بمحرك بنــزين سعة لترين، وأشــارت "مازدا" إلى أن هذه هي المرة الأولى التي يتم استخدام هذه التكنولوجــيا علــى نطــاق تجــاري، وتعتزم "مازدا" استخدام هذه التكنولوجيا في باقي سياراتها تدريجياً[21].

ومــن بين تطبيقات تقنية النانوتكنولوجي في وسائل الاتصالات، استخدامها في صناعة أجهزة "الآي بود" iPod (أجهزة لتخزين الملفات الــصوتية والمرئية، وإعادة الاستماع إليها ومشاهدتها، وهي من إنتاج شركة "آبل"Apple المعروفة بصناعة أجهزة الكومبيوتر، وقد طرح أول إنــتاج لها عام 2001، وهناك عدة أجيال منها)، وتتميز أجهزة "الآي بــود نانو" iPod Nano، الجيل الثالث (أنتج في أيلول/سبتمبر 2007)، بــصغر حجمها، وقدرتها على تشغيل أجهزة الفيديو، فهي أكثر عرضاً وأقل طولاً من أجهزة الآي بود نانو السابقة، إذ تبلغ سماكة جهاز "آي بــود نانــو" الجديد ربع بوصة فقط (البوصة 2.5 سم تقريباً)، (يمكن اســتخدامه كسكين لفتح مظاريف الرسائل)، وهو بهذا الرفع والنعومة قــادر علــى إحــتواء بطارية تكفي شحنتها إلى 22 ساعة من تشغيل الفــيديو، وشاشــة لا يتعدى حجمها الطابع البريدي (أو حجم أصبع الإبهــام) وذاكرة سعة 4 إلى 8 جيغابايت تكفي لاستيعاب مابين ألف

وألفـــي أغنية، كما أن شاشة الجهاز الجديد أفضل من شاشة آي بود نانو القديمة، مما يجعل عروض الفيديو واضحة جداً، وعند استخدام هذا الجهـــاز تشعر أنك تشاهد أفلاماً سينمائية على بطاقة تعريف من بطاقات رجال الأعمال Business card، وعن طريق "كابل" يمكن لجهاز آي بـــود نانو الجديد تشغيل الفيديو على جهاز التليفزيون، وهذه هي المرة الأولى بالنـــسبة إلى جهـــاز بمـــثل هـــذا الـــصغر. وباستخدام تقنية النانوتكنولوجـــي تمكنت أيضاً شركة "آبل" من تقديم جهاز "روكر" ROKR الـــذي يجمـــع بين جهاز "الآي بود نانو" والهاتف المحمول، ويتـــسم هذا الجهاز الجديد بسمك رقيق جداً لا يتعدى بوصة واحدة، كما لا يتعدى وزنه 1.5 أوقية (42 غرام)، ويمكنه تخزين حوالى 1000 أغنـــية يمكن تشغيلها بالطريقة نفسها المستخدمة في جهاز "الآي بود"، وبفضل استخدام "الآي بود نانو" فإنه من الممكن وضع جهاز "روكر" بـــسهولة في الجـــيب. وقـــد طـــور هذا الجهاز في تعاون بين شركتي "موتـــورولا" Motorola وشـــبكة الاتصالات الأميركية "سينجولار" Cingular، أول شـــبكة يعمـــل علـــيها "روكر"، ويتوافر من جهاز "روكـــر" نسختين، الأولى بسعة 4 جيغابايت (4GB) ويمكنها تخزين 1000 أغنـــية، والأخرى بسعة 2 جيغابايت (2GB) ويمكنه استيعاب 500 أغنية فقط[22].

وهناك تعاون حالياً بين "مركز نوكيا للأبحاث" Nokia Research Center (NRC) و"مركـــز علوم النانو" Cambridge Nanoscience Center في "جامعة كامبريدج" البريطانية University of Cambridge، لاســـتخدام النانوتكنولوجي في تطوير هاتف محمول جديد سيظهر عام 2015، بمواصـــفات ومزايا جديدة، منها أنه سيكون رفيع جداً وكأنه ورقـــة، ومرن جداً، بحيث يمكن تغيير حجمه بل وتشكيله كما نريد،

فمـــثلاً يمكن دورانه على ساعة اليد وكأنه ساعة، أو أشكال أخرى، كما سيكون هذا الهاتف شفاف جداً بحيث يمكننا رؤية ما وراءه، كما سـيقوم بتنظيف نفسه ذاتياً self-cleaning، بمعنى لو لامسته بكتيريا مـثلاً فإنه يقوم بالتنظيف فوراً، ولو طبعت عليه آثار لمس أصابع اليد فإنـه يمحوها ويبدو جديداً تماماً، كما أن بطارية الهاتف سيتم شحنها أوتوماتيكـياً بالطاقة الشمسية، فكلما تعرضت للشمس يتم شحنها من تلقاء نفسها، كما سيكون الهاتف مزوداً بمجسات (مستشعرات) يـتم من خلالها معرفة معلومات عن كل ما هو موجود حولنا مثل درجـة حـرارة ورطوبة وضغط ودرجة تلوث الجو، ولو قربنا منه فاكهة مثلاً فيخبرنا هل هي في حاجة للتنظيف أم لا، ويتم قراءة كل ذلـك مـن خـلال شاشة الموبايل التي ستعمل باللمس[23]، (أنظر الشكل 19).



شكل (19): الهاتف المحمول باستخدام تقنية النانوتكنولوجي، والذي تجرى أبحاث حالياً لإنتاجه بين "مركز نوكيا للأبحاث، وجامعة "كامبريدج" البريطانية.(The Morph Concept: www.nokia.com/A4852062)

وباستخدام تكنولوجيا النانو سوف تمثل الأقمار الصناعية متناهية الصغر Nano-Satellites ثورة في عالم الفضاء، حيث إن الأقمار الصناعية التي تستخدم هذه التكنولوجيا تتسم بوزن أخف ودرجة أعلى من التصميم المتكامل، وتمثل تلك التكنولوجيا واحدة من أهم التحولات في تكنولوجيا الفضاء العالمية المعاصرة، وتتنبأ باتجاه للتطور تصبح فيه مركبات الفضاء أصغر فأصغر. فعلى سبيل المثال في نيسان/ أبريل 2004 أطلقت الصين بنجاح "قمر النانو الأول" Nano-satellite 1 الذي طورته بشكل مستقل باستخدام تكنولوجيا النانو، وجعل هذا الإطلاق الناجح من الصين رابع دولة في العالم تصبح قادرة على إطلاق أقمار صناعية بتكنولوجيا النانو بعد روسيا والولايات المتحدة وبريطانيا، وفقاً لما ذكره خبراء الفضاء الصينيون. ويزن "قمر النانو الأول" 25 كيلوغراماً، وقد طورته جامعة "تشينغهوا" Qinghua University، وشركة "تشينغهوا الفضائية المحدودة" لتكنولوجيا الأقمار الصناعية Aerospace Qinghua Satellite Technologies Co. Ltd.[(24)].

وتقوم وكالة الفضاء الأميركية (ناسا) بتطوير أقمار صناعية نانوية (متناهية الصغر) تسمّى "نانوساتس" nanosats، يتراوح وزنها بين 11 إلى 110 باوند (حوالى من 5 إلى 50 كيلوغراماً)، كما تعتزم إسرائيل إطلاق أقمار صناعية مزودة بتكنولوجيا النانو بديلاً عن الأقمار الحالية التي تعمل بنظام تحديد المواقع العالمي Global Positioning System (GPS)، ففي تشرين الثاني/نوفمبر 2008، أعلنت "جمعية نانو ستالايت الإسرائيلية" The Israel Nanosatellite Association - التي أسسها مهندسون فضائيون إسرائيليون في عام 2006 - في بيان لها أن إطلاق أول قمر صناعي مزود بهذه التقنية، من المتوقع أن يكون بين تموز/يوليو وأيلول/سبتمبر 2009 من الهند، حيث أوضح "راز تامير" Raz Tamir

رئــيس الجمعــية ومدير إدارة قسم أقمار النانو التابعة لهيئة الصناعات الجــوية والفضائية المملوكة للحكومة الإسرائيلية، أن المنصات الجزيئية يمكن أن تحل محل الأقمار الصناعية العادية في الفضاء، مضيفاً أن الأقمار الصناعية المزمع تصميمها وتجميعها يمكن أن تصل إلى وزن 10 كجم، بالإضافة لما تتميز به من إنخفاض تكلفة إنتاجها. وتأتي خطط الإطلاق في أعقاب دراسة جدوى إمتدت إلى 10 أشهر عن أقمار النانو، وانتهى القائمــون علــى الدراسة إلى أنها يمكن أن تحل محل الأقمار الصناعية العالمــية العادية في تحديد المواقع من ناحية، وتوفير تكاليف مبالغ باهظة مــن الناحية الأخرى، وأضافوا بأن كل منصة سوف تتكلف نحو 150 ألــف دولار، وأن 60 قمراً صناعياً بتقنية النانو يمكن أن تشكل مدار أرضــي منخفض لتغطية الأرض كلها بصورة مستمرة، ويتكلف القمر المداري المنخفض 15 مليون دولار[25].

تطبيقات النانوتكنولوجي في مجال أشباه الموصلات والكمبيوتر:

يــتوقع العديــد من العلماء العاملين في مجال النانوتكنولوجي أن تطبيقات النانوتكنولوجي في مجال أشباه الموصلات والكمبيوتر، ستكون واعــدة في المستقبل القريب، وستمثل مستقبل تكنولوجيا المعلومات، وربما تمكننا يوماً ما من صنع" الكمبيوتر النانومتري".

فالمقــدرة علــى تقلــيص حجم الترانــزستورات في المعالجات الــسيليكونية في الصناعة الكمبيوترية ستصل إلى أقصى حدودها قريبا. لذلك ستكون هناك حاجة ماسة للتقنية النانوية كي تنشئ جيلاً جديداً من الكمبيوترات. فالكمبيوترات الجزيئية Molecular Computers يمكن أن تحتوي على أدوات تخزين Storage Devices قادرة على

تخـــزين تريليونات من البايتات Bytes من المعلومات في بنية لها حجم مكعب السكر.

وكـــان أول تطبيق لعلم النانوتكنولوجي في مجال الكمبيوتر على الأقـــراص الصلبة Hard Disks، ففي عام 1988، توصل العالمان الفرنسي "ألبير فير" Albert Fert والألماني "بيتر غرونبيرغ" Peter Grunberg، عـــبر بحوث مستقلة، لاكتشاف نظرية "المقاومة المغناطيسية العملاقة" Giant Magnetoresistance (GMR)، التي تظهر عند التعامل مع التيار الكهربائي و" الحقل" المغناطيسي، على مستوى الذرات، ثم عملا على تطبيق هذه النظرية في عملية تخزين المعلومات على الأقراص الصلبة للكمبيوتـــر. وقد فاز العالمان بجائزة نوبل للفيزياء لعام 2007 لأبحاثهما الـــرائدة التي أدت إلى اختراع الأقراص الصلبة الصغيرة، التي تعد أحد الإختـــراقات في تكنولوجـــيا المعلومات الحديثة، وكذلك لاكتشافهما نظـــرية "المقاومـــة المغناطيـــسية العملاقة"، واستعمالها في صنع رؤوس متناهـــية الـــصغر لقـــراءة المعلومات المضغوطة على الأقراص الصلبة الإلكتـــرونية، والـــتي تعتـــبر واحدة من أولى التطبيقات الحقيقية لعلم النانوتكنولوجي.

فمن المعروف أن المعلومات "تحفر" على القرص الصلب على هيئة "حقـــل" مغناطيـــسي متناهـــي الصغر، وعند قراءته يتحول إلى تيار كهربائـــي فيـــستطيع الكومبيوتـــر التعرف عليه لأن الحاسوب يقرأ المعلـــومات باعتـــبارها تياراً كهربائياً يسير وينقطع، وكلما زاد حجم المعلـــومات، كلمـــا تـــوجب أن تحتل مساحة أقل فأقل على القرص الـــصلب. وعندما نصل إلى أقراص تحتوي على عشرات من التيرابايت (كل منها يساوي تريليون بايت)، يصبح "حفر" المعلومات عملاً يجري عند حدود الذرات، وكذلك الحال بالنسبة إلى قراءته، أي لتحويل هذا

الحقـــل المغناطيـــسي الذري إلى تيار كهربائي ليستطيع الكومبيوتر أن يلاحظه، فالمعلومات الرقمية تحتاج إلى آليات دقيقة جداً لقراءتها، وتتم عملية القراءة على أساس تحويل الحقول المغناطيسية إلى تيار كهربائي، وبذلك يتمكن جهاز الكمبيوتر من التعرف عليها وفهمها. وقد وضع العالمان "فير وغرونبرغ"، نظريتهما المغناطيسية لصنع رؤوس متناهية في الصغر، وبحجم لا يزيد عن مجموعة صغيرة من الذرات، تستطيع التعامل مـــع المجـــالات المغناطيـــسية الفائقـــة الصغر، واستخدما علم النانو تكنولوجي، الذي يتعامل مع الأشياء في مستوى الواحد من المليون من المليمتر، في صناعة تلك القارئات المغناطيسية[26].

ففـــي حزيـــران/يونيو عام 2002 تمكن باحثون من جامعة كورنيل بنيويورك وهارفارد في بوسطن، من ابتكار ترانـــزيستور بحجم ذرة واحدة مقتـــربين بذلك من عصر بناء الأجهزة النانومترية التي ستحدث ثورة حقيقية في كافـــة مجالات العلم، وبخاصة في عالم الحوسبة والهندسة والطب، فقد تمكن الباحثون من إنتاج ترانـــزستورين نانويين Two nano-transistors، من جزيئين مركبين خصيصاً لهذا الغرض، وعندما طبق جهد كهربائي علـــيهما، تدفقت الإلكترونات عبر ذرة واحدة في كل منهما، وتشكل القـــدرة على استخدام ذرات مفردة كمكونات في الدوائر الإلكترونية إنجازاً مهماً في مجال النانوتكنولوجي. وفي تقرير مفصل عن هذا الإنجاز التكنولوجي المهم، نشرته مجلة "نيتشر" عدد 13 حزيران/يونيو 2002، قـــال عالم الفيزياء "باول مكوين" Paul McEuen في جامعة كورنيل الأميركـــية، إن الترانـــزيـــستور أحادي الذرة لا يقوم بجميع وظائف الترانـــزيستور التقليدي مثل القدرة على تضخيم الإشارات، لكنه يمكن أن يستخدم على نحو مفيد كمجس (مستشعر) كيميائي يتحسس أدق التغيرات في البيئة[27].

وتعتـــزم شـــركة "إنـــتل" Intel العالمية - أكبر مصنع للمعالجات الإلكترونية - إنتاج أول رقاقة عاملة في الصناعة في العام 2009، تمّ بناؤها باســـتخدام تقنية التصنيع 32 نانومتر 32 nanometer، وهي تستخدم في ترانـــزيـــستورات متناهية الصغر، بحيث يمكن وضع أكثر من 4 ملايين ترانـــزيـــستور في مـــساحة لا تـــتجاوز النقطة الموجودة في نهاية هذه الجملة[28].

ورقاقة السليكون التي استمرت لفترات طويلة من الزمن تستخدم كأســـاس للعناصر الإلكترونية المصنعة للكمبيوتر، فقد ساهمت بشكل كـــبير في تطور سرعة الكمبيوتر وزيادة سعته التخزينية، ولكن الحاجة المـــستمرة لزيادة قدرات الكمبيوتر أدت إلى البحث عن مواد بديلة لا ســـيما إن التقنية المعتمدة على رقاقات السليكون قد وصلت إلى أقصى حد لها.

كلمـــا كانت الدوائر الإلكترونية المصنعة على رقاقات السليكون اصغر كلما كان بالإمكان وضع عناصر إلكترونية على مساحة اصغر، ولكـــن هناك حد ادني لتصغير هذه العناصر لا يمكن تخطيه لأنها تصبح غـــير قادرة على التعامل مع المعلومات الرقمية. ولكن الحاجة إلى زيادة قدرة الكمبيوتر مستمرة وهذا أدّى إلى البحث عن تكنولوجيا بديلة لا تعتمد على تكنولوجيا السليكون.

ففي دراسة علمية طرحت في "مؤتمر للمواد الصلبة" Condensed Matter and Material Physics conference في كلـــية Royal Holloway في جامعـــة لندن البريطانية في الفترة من 26- 28 آذار/مارس 2008 حـــول مستقبل الكمبيوتر، كشف باحثون في جامعة" ليدز" Leeds الـــبريطانية عن بديل لرقاقات السليكون يعتمد على أنابيب الكربون النانوية، وهي أنابيب من الكربون النقي سمكها لا يتجاوز

بضعة نانومترات، أي اقل بعشرات الآلاف من سمك شعرة الإنسان. ولأنها توصل التيار الكهربي فإنه يمكن أن تستخدم لبناء دوائر إلكترونية. وبعض هذه الأنابيب النانوية لها خصائص أشباه الموصلات مثل السليكون وبعضها له خصائص الموصلات مثل النحاس. وحيث إن الترانزستور هو عنصر أساسي في بناء دوائر الكمبيوتر الإلكترونية فإنه تم تصنيع ترانزستورات من أنابيب الكربون النانوية.

ولكن المشكلة تظهر في ترتيب الأنابيب النانوية في دوائر إلكترونية. ومشكلة أخرى أساسية هي أن الأنابيب النانوية تكون من خليط من مواد موصلة ومواد أشباه موصلة في حين أن المطلوب هو نوع واحد فقط. وتعتمد الخصائص الكهربية للأنابيب النانوية على دقة ترتيب ذرات الكربون فيها، وهذا يشكل صعوبة في التحكم في إنتاج أنبوب نانوي ليكون له خصائص أشباه الموصلات دون أن يكون له خصائص الموصلات.

ولكن الباحث Hickey Bryan وزملائه في جامعة "ليدز" طوروا تقنية من الممكن أن تساهم في إنتاج أنابيب نانوية مع التحكم في خصائصها الكهربية. وهذا سوف يساهم بشكل أساسي في بناء دوائر إلكترونية دقيقة. حيث يتم إنتاج هذه الأنابيب النانوية على شبكة من مادة سيراميكية، ويتم وضع الأنابيب بين فتحات الشبكة ثم دراسة تركيبها الذري باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني. بعد ذلك استخدم الباحثان ملقط دقيق للإمساك بأنبوبة نانوية تحت الميكروسكوب ووضعها على سطح أخر. يقول Chris Allen احد الباحثين في فريق جامعة "ليدز" أنه بهذه التقنية تمكنوا من تصنيع دائرة إلكترونية معقدة بدرجة لا يمكن لأي طريقة أخرى أن تنتجها.

وفي إنجـــاز علمي آخر يدفع بصناعة الإلكترونيات نحو مزيد من التـــصغير، أعلن في شباط/فبراير 2009 عن تمكن فريقان أميركيان من تطويـــر مواد جديدة يمكن أن تمهد الطريق لصناعة إلكترونيات أصغر وأســـرع وأقوى مع بدء وصول تكنولوجيا أشباه الموصلات الحالية إلى منتهـــى حدود التصغير المعروفة حالياً، وقد نشرت مجلة "ساينس"Science العلمـــية الشهيرة في عدد 20 شباط/فبراير 2009، كلا الابتكارين، حيث تمكـــن فريق علمي من إنتاج ترانـــزستورات دقيقة - لبنة البناء لوحدات المعالجة في أجهزة الكمبيوتر computer processors- حجمها يعادل مجـــرد جزء من تلك المستخدمة في شرائح السيليكون المتطورة، حيث قال "جيرمي ليفي" Jeremy Levy من جامعة بتسبيرج الأميركية University of Pittsburgh إنه تمّ إنتاج وحدات الترانـــزيستور بالغة الدقة باستخدام مادتين من بلورات الخزف تعرفان باسم "ألومينات اللانتانيوم، وتيتانات الإسترنتيوم" Lanthanum aluminate & Strontium titanate، وعـــند وضع شرائح من المادتين فوق بعضها البعض فإن هذه العوازل الطبيعية natural insulators توصل الكهرباء مع مرور شحنة عبرها. كمـــا أنـــتج فـــريق آخر مادة رقيقة قادرة على تخزين بيانات من 250 قرصـــاً من أقراص الفيديو الرقمية على سطح في حجم العملة المعدنية(29).

وفي مجال تطوير" ذاكرة الكمبيوترات"، طورت شركة "آي بـــي أم" IBM الأميركية لإنتاج وتطوير أجهزة الكمبيوتر والبرمجيات، نوع جديـــد من "ذاكرة الكمبيوتر" يمكن أن تزيد سعة التخزين الحالية إلى 100 ضـــعف، أطلـــق على هذه التقنية الجديدة اسم "حلبة الذاكرة" racetrack memory ومن المتوقع أن تحل محل ذاكرة الفلاش والأقراص الصلبة الموجودة حالياً في أجهزة الكومبيوتر.

وذكــر بــيان صــادر عن شركة "آي بــي أم" أنّ مشغلات MP3 Players وباستخدام "حلبة الذاكرة" الجديدة ستتمكن من تخزين ما يقرب من نصف مليون أغنية أو 3500 فيلم. وقد نشرت نتائج هذا الـبحث في المجلــة الأميركــية الشهيرة "ساينس" Science، عدد 10 نيسان/أبريل 2008.

وعن آلية عمل أداة التخزين الجديدة قال الخبراء في "آي بــي أم" إن عملــها يكمــن في فــرع ناشئ من فروع علم الفيزياء يطلق عليه "سبينترونيكس" Spintronics (short for spin-based electronics) يــستخدم تقنــية الــنانو لحث حركة الإلكترونات الدائرية على خلق مجــالات مغناطيــسية يمكن تخزين البيانات داخلها. وقال "ستيوارت بــاركين" Stuart Parkin قائد فريق البحث التابع لشركة "آي بــي أم" في مركز أبحاثها في سان خوسيه بولاية كاليفورنيا، إن "حلبة الذاكرة" علــى سبيل المثال سيكون لديها القدرة على تخزين كميات هائلة من المعلــومات يمكن وضعها في الجيب، وهذا من شأنه أن يطلق العنان إلى الإبداع الذي يؤدِّي إلى ابتكار أجهزة وتطبيقات لم يكن أحد يتخيلها مــن قبل. ومن المتوقع أن تبلغ كلفة إنتاج التكنولوجيا الجديدة أقل بكثير من إنتاج النماذج المتاحة حالياً في الأسواق، ويتوقع أن يجري وضــع "حلبة الذاكرة" داخل الأجهزة الإلكترونية في غضون العقد المقبل(30).

كمــا تمكــن علماء كوريون من تطوير تكنولوجيا لتقليل سمك الدائرة الكهربائية في أشباه الموصلات مما سيسمح بإنتاج شرائح ذاكرة للكمبيوتــر تتميز بقدرة تخزين أعلى. وقد توصل إلى هذا الاكتشاف فــريق علمي بقيادة العالم "يوم هان وونج" Yeom Han-woong من جامعــة يونسي Yonsei University، في كوريا الجنوبية، وهو اكتشاف

يحظى بأهمية كبيرة، نظرا إلى أنه قد يفتح آفاقا جديدة أمام إمكانية صنع شرائح أشباه موصلات أصغر وأسرع وأكثر كفاءة.

وذكرت مجلة "نشرات مراجعة الفيزياء" Physical Review Letters عدد نيسان/أبريل 2008، أن تكنولوجيا التنشيط أو "دوبينج" Doping الجديـــدة نجحت في توفير خطوط دوائر كهربائية سعة واحد نانومتر، والمعـــروف أن وحـــدة نانومتـــر تقدر بواحد في المليار متر من حيث الحجم. ويشير مصطلح "التنشيط" أو "دوبينج" إلى التقنية التي تستخدم الدقائـــق الـــرقيقة المثبتة على خيوط السيليكون لصنع دوائر كهربائية وغالبـــية أشباه الموصلات يوجد بها دوائر كهربائية سمكها يتراوح بين 50 إلى 100 نانومتر، والجهود جارية حالياً لتقليل هذا السمك إلى 25 نانومتـــر، وفي حالة الوصول إلى سمك 25 نانومتر، فإن شريحة الذاكرة الواحدة يمكن أن تصل قدرها التخزينية إلى 1 تيرا بايت[31].

كمـــا أعلـــنت شـــركة هيتاشـــي Hitachi اليابانية في تشرين الأول/أكتوبـــر عام 2007، أن قرصاً صلباً تبلغ سعة تخزينه 4 تيرا بايت 4 Terabytes (4 TB) سيصبح حقيقة واقعية مطروحة في الأسواق بحلول عام 2011، وذلك بفضل الانجازات التي تحققها تقنية النانوتكنولوجي. وأوضحت الشركة أنها تمكنت بنجاح من تقليص رأس القرص الصلب الذي يقوم بمهمة قراءة البيانات وكتابتها إلى حجم أصغر بألفي مرة من عرض شعرة إنسان، وبالتالي يمكن لهذا الرأس الأصغر حجماً قراءة قدر أكـــبر من البيانات المخزنة على القرص. وذكرت أن هذه القفزة التقنية ســـتفتح آفاق ما أسمته بعصر التيرابايت Terabytes Era، حيث يمكن للقـــرص الـــصلب الذي يبلغ سعة تخزينه 4 تيرا بايت تخزين ما يعادل مليون أغنية. وتبدو طبيعة القفزة الهائلة التي يحققها هذا القرص الصلب الجديـــد، إذا أخذ في الاعتبار أن الأقراص الصلبة Hard Disks الحالية

يمكــنها أن تخزن حوالى 200 جيغابايت Gigabits 200 من المعلومات للبوصة المربعة الواحدة، بينما تؤكد شركة هيتاشي أن تقنيتها الجديدة يمكنها أن تخزن حوالى واحد تيرا بايت Terabit 1من المعلومات في كل بوصـــة مربعة. وتوقعت الشركة أن يكون بمقدورها طرح قرص صلب ســعة 4 تيرا بايت لأجهزة الكمبيوتر المكتبية وأجهزة الكمبيوتر النقالة بمــشغل سعة تيرا بايت واحد بحلول عام 2011. وقالت إن هذا سيعني أن ســعة التخزين في القرص الصلب ستواصل التضاعف كل عامين. وقال" جون بيست" John Best الخبير التقني الرئيسي في وحدة تخزين المعلــومات في مقابلة أجرتها معه وكالة أسوشيتد برس إن الشركة قد اكتشفت طريقة لتقليل الضجة والمؤثرات السلبية الناتجة عن تصغير رأس القــرص الصلب، الأمر الذي يتيح زيادة كثافة البيانات المخزنة. وقال "هيرواكـــي أوداوارا" Hiroaki Odawara مدير الأبحاث في هيتاشي، إن الــشركة تواصـــل الاستثمار في الأبحاث المعمقة لتحسين الأقراص الصلبة وزيادة قدرتها بميزانية منخفضة في المستقبل المنظور[32].

ومن التطبيقات التي يحاول العلماء تحقيقها من خلال النانوتكنولوجي في مجـــال الكمبيوتر، مجال الاندماج بين الكمبيوتر والبيولوجيا، أي إدخال مـــواد بيولوجـــية مـــن الكائنات الحيّة، لتندمج في الأسلاك وسائر أنواع الموصـــلات، ما يجعل منها عناصر ذكية قادرة على التجاوب والتفاعل مع بقـــية الأجهـــزة الـــتي يتألف منها. حيث يعمل العلماء الآن على صناعة «كومبيوتـــر نانوي» يُشبه الحمض النووي وإمكاناته الهائلة المتمثلة في حمل بلايين المعلومات داخل الخلية وفي حجم فائق الصغر، ويضاف إليه قدرات الذكاء الاصطناعي لأجهزة الكمبيوتر[33].

كما تمكن علماء من جامعة ستانفورد الأميركيةStanford University باستخدام النانوتكنولوجي في تحقيق إنجاز ثوري في عالم البطاريات التي

تـستعمل لتشغيل الأجهزة الإلكترونية، فقد نجحوا في تطوير بطاريات الليثـيوم التي تستخدم في أجهزة الكومبيوتر المحمول والهواتف النقالة، حـيث عملـوا على زيادة قدرها الكهربائية 10 مرات لتخدم عشرين ساعة بدلاً من ساعتين.

ويوضح العلماء بأن السعة التخزينية الكهربائية لبطاريات "أيونات الليثـيوم" lithium-ion تتحدد بكمية الأيونات التي تتواجد في مصعد البطارية (القطب الموجب) أو ما يسمّى "أنود" والذي يصنع حالياً من الكـربون. وبحـسب ما نشر حول هذا الموضوع في الموقع الإلكتروني لدورية" طبيعة تقنية النانو" Nature Nanotechnolog، في 16 كانون الأول/ديسمبر 2007، فقد لجأ فريق البحث إلى مادة السيليكون لصنع مصعد البطارية ما أدّى إلى زيادة السعة التخزينية للبطارية بشكل كبير. وكـان الباحثون حاولوا سابقاً الاستعانة بمادة السيليكون لصنع أقطاب هذا النوع من البطاريات، بسبب قدرها على امتصاص أيونات الليثيوم الموجبة عند شحنها ومن ثم تسريبها لاحقاً لتشغيل الأجهزة الإلكترونية ليتـسبب ذلك بانكماش مادة السيليكون، الأمر الذي يهدد بتدميرها عـند تكـرار هذه العملية ما يجعل من استخدامها في صناعة بطاريات الليثيوم مسألة صعبة.

إلا أن فريقاً من العلماء بقيادة العالم Yi Cui من جامعة ستانفورد الأميركـية نجح في تجاوز هذه العقبة عن طريق اللجوء إلى تقنية النانو، فقـد قامـوا بتخزين أيونات الليثيوم الموجبة في أسلاك دقيقة جداً من السيليكون silicon nanowires، والتي يعادل نصف قطر الواحد منها جزءاً واحداً من ألف جزء من سماكة الورق حيث تمتلك هذه الأسلاك القـدرة على التشبع بأيونات الليثيوم حتى يصل حجمها إلى ضعفي ما كانت عليه دون أن تتعرض للتلف عند إطلاقها تلك الأيونات. ويأمل

الباحثون أن يستقطب هذا النوع من البطاريات اهتمام الخبراء في مجال صناعة السيارات كما يؤكدون إمكانية استخدامها لتشغيل الأجهزة الكهربائية في المنازل والمكاتب، وذلك بعد أن يتم شحن البطارية بالطاقة والتي تزودها بها ألواح الطاقة الشمسية التي تستقر فوق سطوح المباني(34).

تطبيقات النانوتكنولوجي في المياه:

من أبرز تطبيقات النانوتكنولوجي الملموسة حالياً، استخدامها في إنتاج مياه صحية نظيفة خالية من الملوثات والشوائب، وذلك بفضل إنتاج مرشحات وأدوات نانوية أكثر كفاءة من المرشحات التقليدية في تنقية وتحلية المياه.

ومعروف الآن من الدراسات والابحات المتعددة، الأضرار التي يسببها الكلور ومواد أخرى تحتويها المياه، سواء عند شربها أو الاستحمام بها. وبخاصة أن التعرض للكلور أثناء الاستحمام له مخاطر أكبر وأخطر من خطر شرب نفس الماء، فعند شرب الماء، يأخذ طريقه إلى الجهاز الهضمي ومن ثم إلى الجهاز الإخراجي وفي نهاية المطاف جزء منه فقط يذهب إلى الدورة الدموية. في حين أنه أثناء الاستحمام، يفتح الماء الساخن مسامات البشرة وبالتالي يأخذ الكلور والملوثات الأخرى طريقها إلى الجسم من خلال الجلد ولذا فإن هناك علاقة مثبتة بين الكلور وسرطان المثانة. وعلى جانب آخر هناك مشكلة خطيرة أخرى وهي استنشاق المواد الخطرة أثناء الاستحمام حيث إن الحمام صغير عادة وبالتالي يشكل الماء الساخن بخارا محملا بالكلور سهل الاستنشاق وهو في نهاية المطاف بخار محمل بمواد مسرطنة. والمشكلة ليست فقط في امتصاصه عبر الجلد ولكن أيضا في استنشاق رذاذه أثناء الاستحمام ع

طريق الدش. وهو ما يقود إلى مسئولية الكلور عن العديد من المشاكل، فاستنشاق بخار الكلور أثناء الاستحمام يزيد من مشكلات الجهاز التنفسي مثل الربو والحساسية والجيوب الانفية فالتعرض قصير المدى لهذه الظروف قد يسبب ادماع العينين، الكحة، البلغم، إدماء الأنف، وآلام الصدر.

كما أن الكلور يتحد في الماء مع بعض الملوثات العضوية لينتج عن ذلك ما يعرف بمواد الكلوروفورم وهي مادة مسرطنة ولهذا عرف سبب علاقة الاستحمام بماء مكلور بأخطار سرطان المثانة والمستقيم، هذا بالإضافة إلى أن الاستحمام والإغتسال بماء مكلور يقود عادة إلى احمرار الجلد وفروة الرأس وخاصة عند أولئك المعرضون اكثر من غيرهم لمسائل الحساسية، وأن الكلور يرتبط بالبروتين في الشعر ويدمره مما يجعله جافا وصعب التسريح وبنفس السياق فإن الاستحمام بماء مكلور يجعل البشرة وفروة الرأس جافتين، ويزيد مشاكل القشرة، ويمكن أيضا أن يسبب حكة البشرة والعينين، ويؤثر بشكل سلبي على صبغة الشعر حيث يفقد الشعر المصبوغ لونه بسرعة ويجعل أي عملية صباغة تالية أصعب[35].

طرق معالجة وتحلية المياه:

الطريقة التقليدية: وعيوبها عدم القدرة على إزالة الأملاح الذائبة وبعض المواد العضوية والصناعية القابلة للذوبان.

طريقة تقنية الغشاء Membrane Technology: وفيها تعتبر "المرشحات" العنصر الأساسي، حيث يعمل كحاجز يعمل على فصل نسبة عالية من المواد الذائبة عن المياه، وتتميز هذه الطريقة بالجودة العالية، وسهولة الصيانة، ولا يتطلب تشغيلها مواد كيميائية،

كمـــا لا تحـــتاج لقدر كبير من الطاقة، وتتضمن هذه الطريقة عدة تقنيات، هي:

- الترشـــيح الميكرومتري MicroFilteration(MF): ويستخدم في المعالجـــة الأولـــية للمـــياه، يتراوح مدى ترشيحه بين 5 إلى 10 ميكرومتر.
- الترشـــيح فوق الميكرومتري UltraFilteration (UF): ويستخدم أيـــضاً في المعالجة الأولية للمياه، ويتراوح مدى ترشيحه بين 1 إلى 100 نانومتر.
- الترشـــيح النانوي NanoFilteration(NF): ويستخدم في المعالجة المتقدمة للمياه، ويصل مجال ترشيحه إلى أقل من 2 نانومتر.
- الترشيح بالتناضح العكسي (الأسموزية العكسية) Reverse Osmosis (RO): ويـــستخدم أيضاً في المعالجة المتقدمة للمياه، ويصل مدى ترشـــيحه إلى أقل من 2 نانومتر. وتعرف عملية التناضح العكسي بأنهـــا عملية فصل الماء عن محلول ملحي مضغوط من خلال غشاء ولا يحـــتاج الأمـــر إلى تسخين أو تغيير في الشكل، ويعد الترشيح بالتناضـــح العكسي من أجود أنواع طرق الترشيح والتنقية المتاحة حالياً، ومن أكثر التطبيقات استخداماً من قبل الشركات في معالجة المياه المعبأة، وقد اعتمد الترشيح بالتناضح العكسي الآن للاستخدام في المـــنازل والمكاتب لتقديم نفس المستوى من النقاء بأقل قدر من الـــتكلفة حـــيث تعتبر أكفأ وأفضل طريقة لتنقية المياه التي يعرفها الإنـــسان، ويستخدم اغشية شبه نفاذة خاصة تزيل الشوائب الصغيرة بحجم 0.0001 ميكرون (اي 0.00000004 بوصة)، وتتطهر المياه مـــن جميع الشوائب البيولوجية والجسيمات العالقة والمواد الصلبه المذابه وأملاح المعادن والمواد الكيميائية الضارة[36].

معالجة المياه بالمرشحات النانوية:

تستعمل أغشية الترشيح النانوية على نطاق واسع حالياً، لإزالة الأملاح الذائبة في المياه، وإزالة عسر المياه، والتخلص من الملوثات بالجزيئات الصغيرة مثل عنصري الكادميوم والزرنيخ. وتصنع المرشحات النانوية بأشكال متعددة وأبعاد مختلفة، ومن أهم هذه المرشحات:

- مرشحات أنابيب الكربون النانوية: وهي أكثر مرونة من الأغشية التقليدية، حيث يمكن تطهيرها بالتسخين أو التعقيم وإعادة استخدامها، ويتم تصنيع هذه المرشحات من خلال غرس أنابيب الكربون النانوية بطريقة متماثلة ومتلاصقة لتكوين هيكل قوي يشبه الغشاء. وتقوم هذه الأنابيب بالعمل كمصفاة للجزيئات، إذ تسمح بمرور جزيئات المياه الصغيرة، وتحجز جزيئات الملوثات الكبيرة.
- مرشحات ألياف الألومينا (أوكسيد الألمنيوم): وفيها تقوم ألياف الألومينا موجبة الشحنة بجذب وحجز حبيبات الملوثات من الماء الجاري خلالها. وتضمن هذه المرشحات نقاوة عالية الجودة، حيث تستطيع حجز حوالى 99 بالمئة من البكتيريا والفيروسات والملوثات الأخرى.

ولهذا قامت العديد من الشركات الصناعية باستخدام تكنولوجيا النانو في تطوير وإنتاج مرشحات (فلترات) Filters لترشيح وتنقية المياه وتحويلها إلى مياه طبيعية صحية خالية من الملوثات والمواد الضارة التي تحتويها، إذ تحتوي هذه الأجهزة على وحدة مرشح (فلتر) مركزي متعدد الأوساط يتكون من مواد نانوية فريدة لتصفية وتنقية مياه الاستحمام، لضمان عدم وصول المواد الضارة للشعر والجلد، وتشمل

طبقات نانوالكربون، ونانو الفضة، وحبيبات سبائك النحاس والزنك، فالوسـيط المحتوى على "نانو كربون" يستعمل لإزالة المواد الكيميائية الـضارة، فالكربون ذو تركيبات ميكروسكوبية من جسيمات مجهرية ذات قطر بين 200 و500 نانومتر والتي تعمل كمرشح ذو فعالية عالية لترشيح جميع أنواع الملوثات، كما أنها ذات فعالية ممتازة لإزالة الروائح الكريهة من مياه الاستحمام. في حين يرشح الوسيط المحتوى على" نانو الفـضة" كل الطفيليات والبكتيريا، فالفضة مادة من المضادات الحيوية القـوية الطبيعـية والوقائية ضد الالتهابات لهذا فإنها مادة كاملة لإزالة وترشـيح البكتريا والفطريات والفيروسات. ومركبات الفضة النانوية ذات جـزيئات مجهـريه تـضعف إنـزيمات الجزيئات العضوية من امتـصاص أوكـسجين وبالـتالي تعمل على تدمير الكائنات المسببة للأمـراض في مياه الإستحمام، والوسيط المحتوي على حبيبات سبائك النحاس والزنك ذات الجودة العالية، صمم لإزالة الكلور والمعادن الثقيلة والملـوثات الميكـروبيولوجية، فهـذا الوسـيط يمنع الحد من أكسدة الـتفاعلات الكيميائية عند مرور الماء عبرهذا الجزء، وهذا يتضمن نقل الإلكترونات بين الجزيئات ليغير كلياً هذه الجزيئات إلى عناصر أخرى مخـتلفة، حـيث تفقـد الملوثات مثل الكلور والكائنات الحية الدقيقة الإلكترونات بواسطة الأكسدة، مما يجعلها عديمة الضرر.

كمـا أن مياه الشرب في العديد من أنحاء العالم ملوثة بمواد سامة بمـا فيها المعادن مثل الزرنيخ، ولا تتطلب إزالة هذه الملوثات من الماء معدات متطورة جداً وحسب بل وأيضاً مصدر طاقة ثابت لتشغيل هذه المعـدات. وقد يكون كلاهما غير متوفر بصورة كافية في معظم بلدان العالم النامي. ولكن يمكن بواسطة تكنولوجيا النانو حل هذه المشكلة، فعلى سبيل المثال يقوم باحثون من جامعة رايس الأميركية في هيوستون

بـولاية تكـساس باسـتخدام بلورات نانوية من المغنيتيت أو حجر المغناطيس Magnetic nanocrystals في تنقية المياه الملوثة، والمغنيتيت مـركب مـن الحديـد والأكسجين قادر على امتصاص الزرنيخ Arsenic.

فعـندما تضاف بلورات المغنيتيت النانوية هذه إلى محلول من المياه الملوثة بالزرنيخ، تتحد مع الزرنيخ. ومن ثم يقوم مغناطيس بسيط بدفع الـبلورات الـنانوية المكـسوة بالـزرنيخ إلى قعر المحلول حيث يمكن اسـتخراجها مـنه لاحقاً. وتكمن الفائدة التي تتميز بها هذه التقنية في كـونها تعمل بواسطة مغناطيس عادي، من النوع الذي يستخدم كل يـوم، في حين أن الجزيئات الكبيرة من المغنيتيت، تتطلب مغناطيسات أقوى بكثير. وتوفر هذه البحوث مياه شرب نقية لسكان المناطق النائية بطرق بسيطة وجديدة(37).

تطبيقات النانوتكنولوجي في مجال الطاقة:

أدّى تـضافر عدة عوامل، مثل الضغط الذي يمارسه النمو المتزايد لـسكان العـالم والـنمو الاقتصادي على الإمدادات التقليدية للوقود الاحفـوري والمخاوف بشأن الاحتباس الحراري العالمي والازدياد الحاد في سـعر النفط، إلى جعل تطوير مصادر بديلة للطاقة أمراً يزداد أهمية يـوماً بعد يوم. وتوفر الأبحاث الحالية في النانوتكنولوجي دلائل مثيرة للاهـتمام يمكـن أن تحدث ثورة في مجال استخراج الطاقة من مصادر نظيفة ومتجددة، وعلى الأخص الشمسية منها.

ويـرى العلمـاء أن تخـزين وإنتاج وتحويل الطاقة سوف يكون الاسـتخدام الأهم لتكنولوجيا النانو في السنوات المقبلة، ويشمل ذلك إنتاج الخلايا الشمسية وخلايا الوقود الهيدروجيني.

وتعتبر الخلايا الشمسية أحد أهم مصادر الطاقة البديلة والمتجددة، وقد شهدت هذه الخلايا تطبيقات واسعة في كافة مناحي حياتنا اليومية. وبالرغم من التوسع المطرد في مجالات استخدامها، إلا أنها ما زالت تواجه بعض العقبات والصعوبات، من أهمها قلة كفاءتها، وارتفاع ثمنها، ولهذا يقوم العديد من الباحثون حالياً باستخدام تكنولوجيا النانو في تطوير خلايا شمسية كفوءة وقليلة التكلفة.

يقول الباحث "تيد سارجنت" Ted Sargent في جامعة تورنتو الكندية، ومؤلف كتاب "رقص الجزيئات: كيف تغير تقنية النانو حياتنا" The Dance of Molecules: How Nanotechnology Is Changing Our Lives عام 2006، يقول بأننا يمكن استغلال تقنية النانو لتخليق خلايا شمسية قليلة التكلفة وعالية الكفاءة وصديقة للبيئة، من خلال تركيب خلايا شمسية قليلة التكلفة تُطلى لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربية بكفاءة، وهدف بهذا إلى وضع حد للتعارض الموجود حالياً بين تحقيق الكفاءة العالية والتكلفة المنخفضة في الخلايا الشمسية. وسوف نستخدم في ذلك "نقاط الكم الغروية" colloidal quantum dots، وهي جزيئات شبه موصلة semiconductor particles لا يتجاوز قطرها بضعة نانومترات. هذه الجسيمات يمكن رشها من طور الانحلال على مواد قاعدية مرنة كبيرة. وتمثل نقاط الكم أيضاً نظام مواد يمكن موالفته بدرجة عالية، حيث يمكن تحديد فجوة نطاقها ليس فقط عن طريق اختيار المادة شبه الموصلة المستخدمة ولكن أيضاً عن طريق حجم الجسيمات.

ويقول بأن أي بناء شمسي solar architecture يسعى إلى تحقيق كفاءات تحويل طاقة عالية جدًا، لابد أن يجمع من الشمس بكفاءة الطاقة الكبيرة للفوتونات (الزرقاء) ذات الطاقة العالية، وأن يمتص كذلك الفوتونات (دون الحمراء) ذات الطاقة المنخفضة. وسوف يعتمد

بـــناؤنا الأول على أجهزة تتألف من خلايا متعددة الأسطح البينية، أي طـــبقات من خلايا كهربائية ضوئية لها فجوات نطاق مختلفة ومكدسة فـــوق بعضها البعض، وسوف تجمع طاقة كل طبقة إما بداخل الجهاز وإما خلال دائرة خارجية.

وسوف نسعى أيضاً إلى عمل خلايا شمسية ذات كفاءة عالية مبنية علـــى فـــئات جديدة من "نقاط الكم الغروية". وقد تضمنت الأجهزة الإلكتـــرونية البصرية optoelectronic devices الناجحة المبنية على هـــذه الفـــئة من المواد حتى الآن، معادن ثقيلة مثل الرصاص lead أو الكادمـــيوم cadmium كمواد داخلة في تركيبها. وسوف نعمل على تحـــسين خـــواص نقاط الكم الغروية التي لا تحتوي على معادن ثقيلة، ونثـــبت أنهـــا يمكن تحويلها إلى أجهزة ذات كفاءة عالية لجمع الطاقة الشمـــسية. ونحن نتصدى لتحدٍ يشمل بطبيعته تخصصات مختلفة، فهو يـــشمل كيمـــياء المواد وصناعة الأجهزة وتحسين كفاءتها والتوصيف الإلكتـــروني البـــصري الدقـــيق وحتى الفحص المطيافي الفائق السرعة ultrafast spectroscopic investigation[38].

ومـــن أبـــرز الإنجـــازات العلمـــية الـــرائدة في مجال تطبيقات النانوتكنولوجـــي في الطاقـــة الشمسية، تمكن فريق من الباحثين بجامعة إيليـــنوي الأميركـــية بقيادة العالم العربـــي الأصل الأميركي الجنسية البروفيـــسور"مـــنير نايفـــة" - أستاذ الفيزياء والنانوتكنولوجي بجامعة إيليـــنوي الأميركـــية في إربانـــا - شـــامبين ومؤسس ورئيس شركة "نانوسيليكون" Nanosi Advanced Technology - وبالإشتراك مع باحـــثين في المملكـــة العـــربية الـــسعودية، وبالاســـتفادة من تقنية النانوتكنولوجـــي في تطوير خلايا كهروشمسية كفؤة Solar Cells، حيث توصلوا إلى أنه عند وضع طبقة (غشاء) رقيقة للغاية من "دقائق

نانــوية مــن السيليكون" في داخل خلية شمسية سيليكونية، فإن ذلك يــؤدِّي إلى زيادة إنتاج طاقتها الكهربائية، وتقليل الحرارة فيها، وإطالة عمــر الخلية، وقد نشرت نتائج هذا البحث في مجلة "نشرات الفيزياء التطبيقــية" Appliied Physics Letters عدد آب/أغسطس 2007، (أنظر الشكل 20).

وهذا التطور الكبير في عمل الخلايا الشمسية، جاء ثمرة جهود حثيثة قــام بهــا فريق العمل بالاشتراك مع الباحثون السعوديون، الأمير الدكتور تركــي آل ســعود نائب رئيس مؤسسة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية لمعاهــد البحوث، والدكتور عبد الرحمن المهنا المشرف على المركز الوطني لتقنــيات الــنانو متناهية الصغر في مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية بالــرياض، والدكتور محمد الصالحي من قسم الفيزياء بجامعة الملك سعود، وطالب الدراسات العليا بجامعة إيلينوي الأميركية "ماثيو ستوبكا".

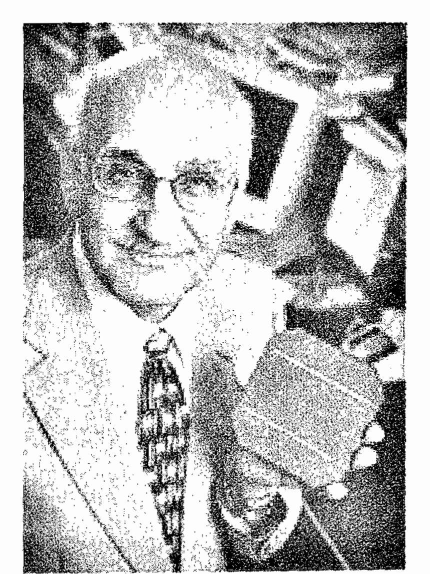
ويوضــح البروفيسور "نايفة" أهمية إنجازهم بقوله، بأنه عند وضع غــشاء رقــيق جداً من جزيئات نانوية سيليكونية بحجم واحد نانومتر (النانومتر يساوي واحد من مليار من المتر)، مباشرة في الخلايا الشمسية الــسيليكونية، وجــد أنه يحسن ويعزز من أداء إنتاج الطاقة الكهربائية بمقــدار 60 بالمئة عند عمل الخلية في نطاق الأشعة فوق البنفسجية من الطــيف الشمسي، كما أمكن تحسين الإنتاجية في نطاق الضوء المرئي للطــيف بنــسبة 10 بالمئة، وذلك من خلال استخدام جزيئات نانوية بحجــم 2,85 نانومتر. ومن المعروف أن الخلايا الكهروشمسية هي نوع مــن المحولات يتم من خلالها تحويل أشعة الشمس مباشرة إلى كهرباء، وهــي تنتج كمية كبيرة من الحرارة المتبددة، إلا أن عملها لا يصاحب بــأي تأثير مثل الضوضاء أو التلوث أو الإشعاع، والمدى المرئي يشمل ألوان الطيف من الأزرق إلى الأحمر.

ويـضيف البروفيـسور "نايفة" أن الضوء فوق البنفسجي في الخلايا الشمـسية العادية يتم ترشيحه(فلترته) أو إمتصاصه من خلال السيليكون وتحـويله إلى طاقة حرارية - قد تكون مدمرة - وليس إلى طاقة كهربائية، وأضـاف بأنه للتوصل إلى الخلايا الشمسية المطورة أو التي تم تحسينها، بدأ الباحـثون بـتحويل كتلة من السيليكون إلى جزيئات نانوية، وذلك من خـلال تقنية تم تطويرها والحصول على براءة اختراع لها، ويؤدِّي الحجم المتناهـي في الـصغر للجزيئات النانوية، إلى ظهورها في ألوان فلورسنتية ساطعة مميزة. وبعد ذلك قام الباحثون بأخذ الجزيئات النانوية ذات الحجم المطلـوب وغمرها في "الكحول الأيزوبروبيلي" Isopropyl alcohol من أجـل تفـريقها ثم تـوزيعها على سطح الخلية الشمسية، وعندما يتبخر الكحول الأيزوبروبيلي، يترك غشاءً رقيقاً جداً من جزيئات نانوية متراصة بشكل دقيق وملتصقة بشدة بالخلية الشمسية.

ويقـول البروفيـسور "نايفة" أن نتائج هذه الدراسة أظهرت أن الخلايـا الشمسية المغلفة بغشاء رقيق من جزيئات بحجم واحد نانومتر، أظهـرت فيها الجزيئات المشعة باللون اللأزرق تعزيزاً للطاقة بمقدار 60 بالمـئة مـن المدى فوق البنفسجي من الطيف، وأقل بنسبة 3 بالمئة من المـدى المرئي كما درست تأثيرات وضع غشاء لجزيئات بحجم 2,85 نانومتر على الخلايا الشمسية. والنتائج التي توصلت إليها هذه الدراسة كانت بفضل تحسين في زيادة فرق الجهد الكهربائي(الفولتية)، وليس في شدة التيار الكهربائي، وتشير نتائج هذه الدراسة إلى الدور البارز لنقل الـشحنة من خلال غشاء الجزيئات النانوية السيليكونية، والتعديل من خلال التداخل والتفاعل مع الجزيئات النانوية.

ويعتـبر هـذا الإنجـاز العلمـي نقلـة نوعية في مجال استغلال النانوتكنولوجـي في مجال الطاقة الشمسية، إذ إن عملية تغليف الخلايا

الشمـــسية بجـــزيئات نانوية سيليكونية، سيمكن استخدامه بسهولة في مجال الصناعة وبتكلفة قليلة(39)، كما أنه سوف يسهم بشكل فاعل في دعـــم الجهـــود الدولية لإنتاج الطاقة من مصادر بديلة ومتجددة، كما سيـــسهم - إلى حـــد ما - في تقليل مشكلة التغير المناخي والاحتباس الحـــراري العالمـــية، التي أصبحت تهدد مصير واستقرار الإنسانية على كوكب الأرض.



شكل (20): البروفيسور منير نايفة ممسكاً بالخلية الشمسية التي تم تطويرها باستخدام تقنية النانوتكنولوجي، بالإشتراك مع باحثون من المملكة العربية السعودية.(http://news.illinois.edu)

وأيـــضاً تمكن علماء من جامعة هارفارد الأميركية، من تطوير خلايا شمـــسية من "أسلاك نانوية" Nanowires يبلغ قطرها 300 نانوميتر فقط. وكمـــا جاء في مجلة "تكنولوجي رفيو" Technology Review، تملك الخلية الشمسية هذه نواة من السليكون البلوري crystalline silicon وعـــدة طبقات متمركزة من السليكون ذات خصائص إلكترونية مختلفة،

وتـؤدّي كل طبقة نفس الوظيفة التي تؤدِّيها الطبقات شبه الموصلة في الخلايـا الشمـسية التقليدية عندما تمتص الضوء وتلتقط الإلكترونات لتولـيد الكهرباء. وفي حين انه قد يتم استخدام هذه الخلايا الشمسية المجهـرية في بداية الأمر لتزويد أجهزة نانوية أخرى بالطاقة، ربما أصبح من الممكن ربطها معاً بأعداد كبيرة في ما بعد لتحل محل الألواح الشمسية solar panels المستخدمة اليوم. غير أن العقبات التي تقف في طريق تـسويق هذه التكنولوجيا لا تزال ماثلة. ويتعين على العلماء تطوير طرق لإنـتاج هذه الأسلاك النانوية الشمسية بكميات أكبر مما هو الحال اليوم، وتحـسين مستوى فعاليتها الحالي (أقل من خُمس إنتاج الألواح الشمسية التقليدية) في تحويل أشعة الشمس إلى كهرباء[40].

كمـا توصل فريق من الباحثين الأستراليين والصينيين إلى كشف رائـد باستخدام تقنية النانوتكنولوجي قد يحقق ثورة في مجال استخدام الطاقة الشمسية Solar Energy. وقد نشرت نتائجه في عدد 29 أيار/ مايـو 2008 في الدورية العلمية البريطانية الشهيرة "نيتشر" Nature، وعـنه يقول الباحث "ماكس لو" Max Lu الأستاذ بالمعهد الأسترالي لهندسـة البيولوجـيا والنانوتكنولوجـي بجامعة كوينـزلاند بأستراليا Australian Institute for Bioengineering and Nanotechnology, University of Queensland إن هذا الاكتشاف يحقق خطوة نحو التوصل إلى طاقة شمسية منخفضة التكلفة، حيث تمكن العلماء من إنتاج أول بلورات منفصلة من أوكسيد التيتانيوم بكميات كبيرة ذات أسطح تفاعلية.

يقـول الباحث "ماكس لو" إن بلورات التيتانيوم متناهية الصغر Titania nano-crystals هي مادة واعدة في إنتاج الخلايا الشمسية Solar Cells منخفض التكلفة، وإنتاج الهيدروجين من الماء الانشطاري

Splitting Water وتنقية السولار من الملوثات، وأوضح أن ما يقوم به فريقه هو جعل تلك المواد "سهلة ورخيصة".

وعـــن تطبيق البلورات شديدة الفاعلية متناهية الصغر، يقول "لو" إن هـــذا البحث لا يمكن تطبيقه على الطاقة المتجددة فحسب، بل إنه رائـــع أيضاً لتنقية الماء والهواء، حيث يمكننا وضع هذه البلورات على نافـــذة أو جدار لتنقية الهواء في الغرفة. كما أشار إلى أن إمكانية تطبيق هذه التكنولوجيا في تنقية المياه وإعادة تدويرها عالية.

ويقـــول "لـــو" إن هذا سوف يستغرق خمس سنوات حتى تتوفر تطبـــيقات تنقية المياه والهواء بشكل تجاري، وسيستغرق من 5 إلى 10 سنوات لاستخدام هذه البلورات في تحويل الطاقة الشمسية[41].

وقـــد كـــان تـــوفير الطاقـــة إلى الأجهـــزة بالمقـــياس النانوي nanometer-scale devices يشكل للعلماء تحدياً طويلاً. فالبطاريات والمصادر الشائعة الأخرى كبيرة جداً، مما يؤدِّي إلى التقليل من مميزات الحجـــم للمعـــدات الدقيقة جداً. وطالما كانت البطاريات تحتوي على مـــواد سامة مثل الليثيوم والكادميوم، فإنها لا يمكن أن تزرع في الجسم كجزء من التطبيقات الطبية الحيوية.

وبمـــا أن أوكـــسيد الخارصين هو غير سام وملائم للجسم، فإن المولدات النانوية يمكن أن توُسع لتشمل معدات ذات استخدام طبـــي وقابلـــة للـــزرع، بحيث تقيس لاسلكيا سريان الدم وضغط الدم داخل الجسم. كما يمكن أن تستخدم في المزيد من التطبيقات العادية.

وقـــد تمكن العلماء بالتغلب على هذه المسألة، ففي نيسان/أبريل عـــام 2007 قـــدم باحثون من معهد جورجيا للتكنولوجيا بالولايات المتحدة Georgia Institute of Technology، نموذجاً أولياً لمولد نانـــوي فائق الصغر Nanogenerator، بإمكانه أن ينتج طاقة مستمرة

مــن التيار الكهربائي المستمر direct-current electricity (DC) عن طــريق "حصد" الطاقة الميكانيكية من المصادر البيئية مثل الأمواج فوق الصوتية، والذبذبات الحركية، وجريان الدم.

وتــتألف المولدات النانوية nanogenerators من مصفوفات من الأسلاك النانوية المتناهية في الصغر Nanowires، مصنوعة من اوكسيد الخارصين (الزنك) Zinc Oxide (ZnO)، وهي تتحرك بشكل متعرج Zig-Zag داخــل لــوح موصل كهربائي. هذه المحركات تمثل طريقة جديدة في توفير الطاقة للأجهزة النانوية فائقة الصغر، وبدون بطاريات أو أي مصدر طاقة خارجي.

يقول العالم"زونغ لين وانغ" Zhong Lin Wang، في كلية علوم المواد والهندسة School of Materials Science and Technology بمعهــد جورجيا للتكنولوجيا في الولايات المتحدة، "هذه خطوة رئيسة باتجــاه تقنــية متــنقلة ومتكيفة وفعالة اقتصادياً من أجل توفير الطاقة للمعــدات الــنانوية. لقد كان هناك اهتمام واسع في صناعة الأجهزة النانوية Nanodevices، ولكننا لم نكن نفكر في كيفية توفير الطاقة لها. إن مــولدنا النانوي يسمح لنا بحصد أو إعادة تدوير الطاقة من مصادر متعددة من أجل توفير الطاقة لهذه المعدات".

وتستغل "المولدات النانوية" اثنتين من الخصائص الفريدة لأوكسيد الخارصــين، همــا قابلــية إنــتاج شحنة كهربائية، وكونها من أشباه الموصلات، مما يسمح بإنتاج شحنة كهربائية صغيرة عندما يتم ليّها أو تمديــدها. يبدأ الإنتاج بإنشاء مصفوفة من الأسلاك النانوية الموضوعة بــشكل عمودي، وبفارق نصف ميكرون (واحد على مليون من المتر) بــين الــواحدة والأخــرى على لوح حاضن من زرنيخ الغاليوم، أو أوكــسيد الألمنــيوم، أو بوليمــر مــرن. يتم زرع طبقة من أوكسيد

الخارصين في قمة اللوح الحاضن لجمع التيار. كما صنع الباحثون أقطاب توصيل من السليكون على شكل متعرج، وهي تحتوي على الآلاف من الرؤوس النانوية والتي تمّ تحويلها إلى موصلات عن طريق تغطيتها بالبلاتين. ثم يوضع القطب الكهربائي تحت مصفوفة الأسلاك النانوية مع ترك مجال كاف لعدد كبير من الأسلاك للتمدد بحرية خلال الفجوة بين الرؤوس. وحينما تتحرك الأسلاك تحت تأثير الطاقة الميكانيكية، مثل الموجات أو الذبذبات، تلامس الأسلاك الدقيقة الرؤوس دوريا مما يؤدِّي إلى نقل شحنتها الكهربائية. ومن خلال التقاط هذه الكميات الضئيلة من التيار والتي تنتجها المئات من الأسلاك النانوية المتحركة، ينتج المولد تياراً مستمراً يقاس بالنانو أمبير.

ويتوقع "وانغ" وأعضاء فريقه البحثي، أن مولدهم فائق الصغر، حينما يصل إلى أفضل أداء، سيكون قادراً على إنتاج 4 واط لكل سنتيمتر مكعب، استناداً إلى الحسابات التي أجريت على سلك نانوي واحد. إن هذه الكمية تُعدّ كافية لتشغيل مدى واسع من الأجهزة النانوية المستخدمة لأغراض الدفاع والبيئة، والعلاج الطبي - الحيوي، ومنها المجسات (المستشعرات) الحيوية، أجهزة الرقابة على البيئية، وحتى الروبوتات فائقة الصغر.

وكان فريق "يونغ" البحثي قد اعلن عام 2006 عن مبدأ المولدات النانوية. وفي ذلك الوقت كان المحرك يستحصل الطاقة من سلك نانوي واحد في المرة الواحدة عن طريق جر مسبار فوقه. يعمل المسبار على تجميع الشحنة الكهربائية حينما يتمدد السلك، ويضمن سريان التيار باتجاه واحد.

ومع وجود المئات من الرؤوس الموصلة يعمل القطب الكهربائي المتعرج على تجميع الشحنة الناتجة عن المئات أو الآلاف من الأسلاك

بـــشكل متـــزامن، حاصدا الطاقة من مصفوفة الأسلاك الدقيقة. يقول "وانغ" "ان إنتاج الاقطاب العلوية كمجموعة واحدة يمثل تقدما باتجاه رفـــع مستوى التقنية. نستطيع الآن ان نرى الخطوات الواجب اتباعها للمـــضي قـــدما باتجاه معدات يمكنها حقا توفير الطاقة إلى التطبيقات شديدة الصغر.

وقبل حدوث ذلك ينبغي إجراء تطوير اضافي للوصول إلى افضل إنتاج للتيار. على سبيل المثال، فإنه على الرغم من أن الأسلاك النانوية يمكـــن ان توضع بطول متساوٍ تقريبا (حوالى ميكرون واحد) فإن هناك بعض التغايرات. الأسلاك القصيرة اكثر من المطلوب لا تلامس القطب الكهربائـــي، فلا تنتج تيارا، بينما لا تستطيع الطويلة أن تتمدد لإنتاج الشحنة الكهربائية.

يقـــول "وانـــغ" "يجب أن نكون اكثر قدرة على التحكم بزرع الأسلاك وكثافتها وتجانسها. نحن نعتقد أن بإمكاننا أن نجعل مليون أو حـــتى ملـــيار من الأسلاك النانوية تنتج تيارا في وقت متزامن. سوف يساعدنا ذلك في الوصول إلى أفضل أداء للمولد النانوي".

وجـــه الباحثون في المختبر مصدرا للموجات فوق الصوتية على مولدهم النانوي، لقياس التيار الكهربائي الخارج لأكثر من ساعة. يقول "يونـــغ" إنه على الرغم من وجود بعض التقطعات في التيار الخارج إلا أن إنتاج الكهرباء كان متواصلاً طالما كان مولد الأمواج فوق الصوتية مستمراً في العمل.

ولغـــرض إبعـــاد تـــأثير المصادر الأخرى على قياس التيار، استعمل الباحـــثون أنابـــيب الكربون النانوية، وهي غير قادرة على إنتاج الشحنة الكهـــربائية، عوضا عن أسلاك اوكسيد الخارصين الدقيقة. كما استعملوا رؤوس أقطاب مسطحة. وفي الحالتين لم يتم إنتاج أي تيار كهربائي..

ويعلـــق "وانغ "قائلا "اذا كان لك جهاز مماثل في حذائك حينما تـــسير فـــسيكون بمقدورك ان تولد تياراً صغيراً يكفي لتشغيل معدات إلكترونية صغيرة. أي شيء يمكنه أن يحرك الأسلاك النانوية داخل المولد يمكـــن استخدامه لإنتاج الطاقة، فتحريكها لا يتطلب سوى قوة صغيرة جداً"[42].

وقد تمكن "يونغ" وفريقه من استخدام تقنية "النانو" لتطوير طريقة تستطيع أن "تكهرب" الملابس، فقد أشاروا في دراستهم التي نشرت في عـــدد 14 شباط/فبراير 2008 من مجلة "نيتشر" البريطانية إلى أن دقات قلب مرتدي الملابس المصنعة بتقنية النانو أو خطواته أو نسمات الرياح الخفـــيفة تكفي وحدها لتحريك أسلاك دقيقة صنعت باستخدام تقنية الـــنانو ووضعت داخل ألياف دقيقة للمنسوجات وأنه يمكن توليد تيار كهربائي عن طريق تداخل هذه الأسلاك الدقيقة وتشابكها.

حـــيث قام البروفيسور "وانغ" وزملاؤه باستزراع أسلاك نانوية دقيقة من أوكسيد الزنك zinc oxide nanowires على شكل نجوم متداخلة في ألياف المنسوجات ثم غزلوا هذه الألياف خيوطاً.

وعـــن فكرة توليد التيار الكهربائي من الألياف قال الباحثون إن تـــداخل الألياف مع بعضها وتحرك الخيوط بالغة الدقة يؤدِّي إلى تحويل الطاقة الميكانيكية إلى كهرباء عن طريق عملية تفاعل الضغط الميكانيكي مع الجهد الكهربائي مع وجود أشباه الموصلات لنقل ما ينتج عن هذه العملية من تيار كهربائي.

واكتشف العلماء إمكانية توليد شحنات كهربية من بعض المواد الـــبلورية باســـتخدام الضغط الميكانيكي والجهد الكهربائي نهاية القرن التاســـع عشر والتي يتولد عنها تيار كهربائي عندما يكون هناك تداخل وتشابك بين أشباه الموصلات في هذه العملية.

ويستخدم العلماء هذه الظاهرة في الوقت الحاضر في صناعة الكثير مـن الأجهـزة الإلكتـرونية منها طابعات الليزر وساعات الكوارتز والولاعات الكهربية.

ويقـول الباحثون إن استخدام متر مربع من هذه الأنسجة يكفي في تولـيد تيار كهربائي يصل إلى 80 ملي وات milliwatts وهو ما يكفي لتشغيل أجهزة إلكترونية صغيرة مثل أجهزة المحمول أو المحسات العسكرية الدقيقة.

وذكـر العلمـاء أن الأنسجة المصنعة للاستفادة من هذه الطريقة مرنة ولينة وسهلة الطي بالإضافة إلى أنه يمكن حملها كـ"ملابس مولدة للطاقة". كما يرى الباحثون أنه من الممكن استخدام هذه التقنية أيضا في تبطين الخيام[43].

وعلـى مسافة 35 كيلومتراً من هارفارد، في مدينة النسيج القديمة "لـوويل" Lowell، بـولاية ماساتـشوستس الأميركية، تقوم شركة تكنولوجـيا مـتقدمة خاصة تدعى "كوناركا" Konarka باستخدام النانوتكنولوجـيا في الطاقـة الشمسية، فقد اخترعت الشركة عملية لاسـتعمال جـزيئات ثاني أوكسيد التيتانيوم الكيميائي شبه الموصل semiconducting chemical titanium dioxide ذات الحجـم الـنانوي nanoscale-sized particles في شريط رقيق من البلاستيك plastic film يُغلّف بصبغة حساسة للضوء light-sensitive dye. وعندما يضرب ضوء الشمس أو حتى ضوء اصطناعي داخلي، الصبغة، تقـوم جـزيئات ثاني أوكسيد التيتانيوم بإنتاج الكهرباء. ومع أن هذه التكنولوجـيا لا تزال في مرحلة التطوير، فإن شركة "كوناركا" تفكر بالعديد من التطبيقات العملية لهذا الشريط البلاستيكي المرن من الخلايا الشمـسية في الحـالات التي لا يكون فيها استخدام الألواح التقليدية

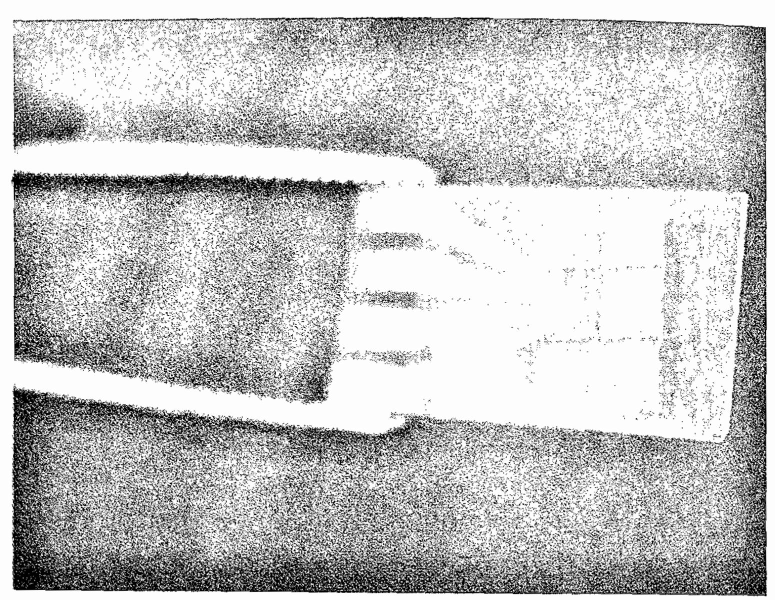
الفولتائية الضوئية الثابتة عملياً. فعلى سبيل المثال، يمكن لف هذه الأشرطة التي تولّد الطاقة حول أجهزة مثل الهواتف المحمولة أو الكمبيوترات المحمولة لإعادة شحن بطارياتها، ويمكن وضعها على هيكليات من أي نوع كان (حتى الخيم tents) كمولدات طاقة قائمة بذاتها، أو حتى نسجها مباشرة في الألبسة لتأمين الطاقة مباشرة للأجهزة الإلكترونية الشخصية أثناء استهلاكها[44].

وفي آب/أغسطس 2008 أعلن معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا MIT في الولايات المتحدة عن تمكن فريق من الباحثين بالمعهد من اختراع وتطوير أول بطارية نانو في العالم. والتي تحوي فيروسات حية Virus-Based Batteries لبناء الهيكل الداخلي لهذه البطارية حيث تمت هندسة الفيروسات جينيا بحيث تقوم بجذب الجزيئات الفردية من المواد المراد صنع أجزاء البطارية الداخلية بها (كالأسلاك والأقطاب الكهربائية) وبذلك يستغني الباحثون عن عناء تركيب أجزاء البطارية المتناهية الصغر بطريقة يدوية خصوصا وأن الأسلاك الداخلية لهذه البطارية أصغر 17000 مرة من سمك ورقة كراس عادية. ويوجد 3 أنواع لهذه البطارية:

النوع الأول: وهو طبقة رقيقة تشبه الشريط الفلمي وحجمه كحجم خلية من خلايا الإنسان ومن الممكن استخدامه في تشغيل الأجهزة الطبية الصغيرة التي قد تزرع في جسم الإنسان.

النوع الثاني: وهو ذو شكل مشابه للشبكة يتم استخدامه للتطبيقات الأكبر كأجهزة اللاب توب والسيارات.

النوع الثالث والأخير: وهو ذو شكل خيطي كرستالي مشابه لخيوط العنكبوت ويتم دمجه وتخييطه مع الأقمشة لتوفير ملابس مزودة للطاقة وهذا النوع للاستخدامات العسكرية، (أنظر الشكل 21).



شكل (21): البطارية النانوية التي طورها فريق بحثي من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا MIT، وتحوي فيروسات حيةVirus-Based Batteries.
(http://web.mit.edu)

وفي أيلــول/ســبتمبر 2008 أعلن فريق بحثي صيني أنهم بصدد تطويــر جسيمات نانو على شكل زهورNanoflowers تتميز بأداء إلكتــروني عال يفوق أداء المواد المستخدمة في البطاريات التقليدية، ففــي تقرير نشر في عدد 10 أيلول/سبتمبر من مجلة "نشرات النانو" Nano Letters يقــول العلماء إن هذه الجسيمات التي تأخذ شكل الــزهور ســيكون لها القدرة على تشغيل الجيل القادم من الأجهزة الإلكتــرونية، حيث عمد العلماء أولاً على إنشاء عناقيد من أنابيب الــنانو الكــربونية clusters of carbon nanotubes المعروفة بقدرها القوية على التوصيل الكهربائي، وفي الخطوة التالية قام العلماء بترسيب أوكــسيد المنجنيز Manganese oxide على أنابيب النانو باستخدام تقنية لعمل الطبقات تسمّى بالترسيب الكهربائي electrodeposition، وهو

ماينتج عنه عناقيد بحجم النانو تشبه نبات "الهدباء" dandelions الدقيق تحـــت المجهـــر الإلكتروني، وقد توصل العلماء من خلال هذه التجربة للحـــصول على نظام بطارية بسعة أعلى في تخزين الطاقة وطول عمر الـــبطارية وكفـــاءة أعلـــى، بالمقارنة بالبطاريات التقليدية. ويذكر أن الباحثين كانوا قد طوروا أنواعاً مختلفة من جسيمات النانو على شكل زهـــور باستخدام مواد مختلفة، بما في ذلك أوكسيد المنجنيز الذي يعتبر المكون المعدني الرئيسي المستخدم في البطاريات التقليدية، ولكن لم يكن الجـــيل القـــديم مـــن جسيمات النانو التي تأخذ شكل الزهور مناسباً لمنتجات المستقبل التي تحتاج المزيد من الطاقة وحياة أطول للبطارية(45).

تطبيقات النانوتكنولوجي في مجال الزراعة والغذاء:

يـــرى الخـــبراء أن تطبيقات النانوتكنولوجي في الزراعة والغذاء ســـتكون واعدة، فعن طريقها سيمكن صنع أدوات بمواصفات خاصة تـــساعد على زيادة خصوبة التربة ورفع إنتاجية المحاصيل. وعلى سبيل المـــثال يمكن إنتاج أدوات صغيرة تستخدم في رش المخصبات الزراعية بمعدلات مقننة بعناية.

وما يجعل تقنيات النانوتكنولوجي واعدة في مجال التصنيع الغذائي، أن المـــادة الغذائية تبقى كما خلقها الخالق ولا تتغيّر تركيبتها الكيميائية مـــثلما يحدث في تقنيات سبق أن جربها الإنسان مثل التعديل الوراثي للمحاصـــيل أو إنـــتاج زبـــدة مصنعة تحاكي الزبدة الطبيعية في القوام واللون أو هدرجة الدهون أو غيرها، فتقنية النانو تعمل فقط على تقليل حجم المادة الغذائية ولا تعمل على تغيير المادة نفسها.

وهناك احتمال أن يكون لهذه التقنية تأثير كبير على اختيار المواد الأولـــية المناسبة للتصنيع، وكذلك ستغيِّر بشكل غير متوقع مدى تأثير

الأطعمـــة علـــى شكل بنية الإنسان، وتستخدم تقنيات النانو في المجال الزراعـــي وصناعة الأغذية في العديد من المجالات، في تحديد وتشخيص وعـــزل عدد من المركبات واختبارها على صحة الإنسان، كما تدخل تقنـــية الـــنانو في الشاي وتصنيع الزيوت، كما تستخدم في صناعة منـــتجات غذائية جديدة ذات لون ونكهة ومحتوى غذائي، وكذلك في تغليف الأغذية بمواد تكشف للمستهلك طبيعة التلف الذي يحصل فـــيها، كما تدخل تقنيات النانو في تطوير أغذية للنباتات ومبيدات حـــشرية وأدويـــة للنبات والحيوان وأحماض دهنية وفيتامينات ذائبة بالدهون(46).

فعلى سبيل المثال تنتج معامل الكيمياء الألمانية BASF "لايكوبين مـــصنع على مستوى النانو" Nano-scale Synthetic Lycopene (اللـــيكوبين نـــوع من أصباغ الكاروتينيدات Carotenoids) يدخل كمـــادة مضافة تدخل في تصنيع عصائر الفواكه والأجبان والمارجرين. ومعـــروف أن الكاروتينـــيدات هي مواد مضادة للأكسدة تتحول في الجـــسم إلى فيـــتامين (أ) A. وتذكر معامل BASF أن الجسم يمتص الكاروتينيدات المصنعة بتقنية النانو بصورة أسهل، كما أن الأطعمة التي تـــدخل فيها تلك الكاروتينيدات المصنّعة تظل طازجة لفترة أطول(47).
كما أن شركة Nutralease في القدس، قد تمكنت من استخدام تقنية النانو في تطوير سوائل ذاتية التركيب Nano-sized self assembled structured لنقل عناصر غذائية بحجم جزيئات النانو إلى خلايا الجسم. وهذه الجزيئات عبارة عن مستحلبات تحتوي على عناصر غذائية مهمة مـــثل الكاروتينـــيدات واللوتيـــنات Luteins والـــستيرولات النباتية Steroids ومساعد الإنـــزيم CoQ10 Coenzyme وغيرها. وهذه السوائل تؤدِّي إلى سهولة دخول تلك العناصر إلى مجرى الدم في الأمعاء

الدقـــيقة. كما يمكن استخدام تلك السوائل في تصنيع مشروبات خالية من الشوائب، محملة بتلك العناصر الغذائية المهمة[48].

وأبـــرز فوائد تقنية النانوتكنولوجي، أنها تقوم على تحسين الوفرة الحـــيوية للمـــواد الغذائية، ففي الصين على سبيل المثال قامت شركة Qinghuangdao Taiji Ring باســـتخدام تقنية النانو في معالجة جزيئات الـــشاي للوصـــول إلى جزيئات تقل عن 100نانومتر وذلك لإطلاق عناصر نباتية في الشاي في محاليل لم يكن من الممكن الوصول إليها من دون هذه التقنية. وفتح ذلك الباب لمنتجات" شاي النانو "المتعددة الغنية بالـــسيلينيوم Nano-Selenium rich tea والتي تؤدِّي إلى امتصاص أو اجـــتذاب الجذور الحرّة Free radicals التي تدمر الخلايا، وتؤدِّي كذلك إلى تقلـــيل الكوليـــسترول والدهون في الدم. كما تطبق نفس الشركة الصينية "تقنية النانو" للوصول إلى "قهوة النانو" Nano-Coffee وذلك للاستفادة القصوى من الخصائص المفيدة للقهوة[49].

تطبيقات النانوتكنولوجي في الطب والصحة والعلاج:

يرى العديد من الباحثون أن مستقبل الطب يتجه نحو تكنولوجيا الـــنانو، فسيكون أكبر تأثير لتقنية النانو في المجال الطبـــي، حيث تعمل الأجهـــزة والمنـــتجات الدقيقة داخل جسم الإنسان لتشخيص وعلاج مختلف الأمراض، وبخاصة المستعصية منها، وتشير الدراسات والأبحاث المتـــزايدة والـــسريعة الحادثة حتى الآن إلى أن الفوائد الطبية والصحية للنانوتكنولوجي لا حصر لها، وستشهد نمواً مضطرداً لا يمكن لنا وصفه اليوم، فأبحاث علاج السرطان والبحث الدقيق عن وجود خلاياه، تعد بما سوف يحل محل كل وسائل العلاج والفحوصات الطبية المتوفرة اليوم لـــذلك، كمـــا أن استخدام النانوتكنولوجي في مجال الصيدلة سيكون

واسعاً، بدءاً من طرق إنتاج الدواء ومروراً بوسائل حفظه، وانتهاءً بكيفية إعطائه للمريض في صورة تتفوق بمراحل على الطرق المستخدمة حالياً، حيث سيمكن ربط الجسيمات النانوية دقيقة الحجم بقاعدة تستطيع التعرف على بصمة الحمض النووي لمسبب المرض، مما يمكن من الكشف عن المرض وتحديده بنسب لا تحتمل الخطأ. وكذلك توصيل الدواء لعضو معين في الجسم أو منطقة معينة في الجسم عن طريق ربط الدواء بالجسيمة دقيقة الحجم ويتم بعد ذلك توجيهها إلى المكان المستهدف في الجسم. ويفيد ذلك في علاج أنواع من الامراض السرطانية والتي يتم فيها حقن الأدوية الكيميائية في الجسم مما يؤدِّي إلى تأثر معظم اعضاء الجسم بالدواء وليس العضو المصاب فقط وهذا يؤدِّي إلى العديد من الأعراض الجانبية غير المرغوب فيها.

وتعد "كبسولات النانو" Nanocapsules و"روبوتات النانو" Nanorobots من أكثر الأمثلة البارزة في تقنيات النانو القادمة في المجال الطبي، حيث تقوم "كبسولات النانو" بدور الوكيل الذي ينقل الأدوية إلى الهدف في أجسامنا وتهاجم الفيروسات بدقة، وبنسبة 100 بالمئة، وبدون آثار جانبية، ففي سرطان الكبد على سبيل المثال، يمكن لكبسولات النانو أن تحمل المواد المغناطيسية لتلتصق بالأورام ثم تولد الحرارة وتدمرها، لأن الخلايا السرطانية تدمر إذا تعرضت لدرجات حرارة عالية، كما أن المريض سوف يتناول سائلا يحوي "روبوتات نانوية" مبرمجة للهجوم ولإعادة بناء البنية الجزيئية للخلايا السرطانية والفيروسات، فتصبح غير ضارة. بل توجد توقعات أنه سيكون باستطاعة "الروبوتات النانوية" أن تبطئ من الشيخوخة، فيزداد متوسط العمر المتوقع بشكل كبير، أيضا يمكن أن تبرمَج "الروبوتات النانوية" لتقوم بالعمليات الجراحية الحساسة، فبإمكان "الجراح النانويّ"

Nanosurgeons أن يعمـــل في مـــستوى أدق بآلاف المرات من أحد المـــشارط المعروفة، وبالعمل على هذا المستوى فإن "الروبوت النانويّ" سيعمل دون أن يترك أثراً لأي ندب كالتي تتركها الجراحات التقليدية. وبالإضـــافة إلى ما سبق، باستطاعة "الروبوتات النانوية" أن تغير مظهر الجـــسد، فـــيمكن أن تـــبرمَج "الروبوتات النانوية" للقيام بالعمليات التجميلـــية، فتعيد ترتيب ذرات الجسد لتغير شكل الأذن أو الأنف أو لون العين أو أي ملمح آخر نريد أن تغيره!!

كما أن "الروبوتات النانوية" ستتمكن من إزالة العوائق في الأوعية الدمـــوية، ويمكن أن تلعب دور الكرات البيضاء في الدم وتزيل أسباب المرض[50].

يقول "توماس ويبستر" Thomas Webster، المهندس البيولوجي والأستاذ المساعد في جامعة براون الأميركية Brown University، أن إيـــصال الدواء إلى الجسم هو واحد من أول تطبيقات النانوتكنولوجيا المرشـــحة للاســـتخدام. وعن طريقها يمكن أن ندخل إلى الخلية جرعة دوائية يقل حجمها عن 100 نانومتر دون أن تلفت النظر.

والواقـــع أنـــه يمكن إعطاء الأدوية للمرضى على هيئة أقراص يقاس حجمها بالميكرون تقوم بإطلاق الدواء على الخلايا المستهدفة. والنظرية المعتمدة هنا هي أن فاعلية الدواء تزداد إذا كانت كمياته متناهية الصغر بهذا الشكل. وكلما تضاءلت الجرعة الدوائية كلما قل ضـــررها علـــى المريض لأنها لن تستهدف حينها إلا الخلايا المسببة للمرض أو للعدوى.

ويـــبحث "ويبستر" أيضا في وسائل استخدام المواد النانوية لترميم وإصـــلاح الأنـــسجة الطبيعية، إذ برهنت الوسائل التقليدية مثل زرع العظام والأوعية الدموية على عجزها عن توفير النعومة وإستواء السطح

الذي يتوافر باستخدام المواد النانوية. ويقول "ويبستر"، لقد وجدنا أن البيئات النانوية تساعد الجسم على إعادة إنتاج نفسه بصورة أفضل سواء في مجال العظام أو الأوعية الدموية أو الغضروفيات وخلايا المثانة. ولقد جرى إثبات كل ذلك عملياً. ومن المتوقع أن تتوسع استخداماتها في الجسم البشري في وقت قريب نسبياً، كما أنه من المتوقع أن تبقى المواد الجديدة عاملة داخل الجسم لمدة أطول من مدة الـ 15 عاما المتاحة حاليا لمعظم أشكال إستزراع الأعضاء التقليدية[51].

وتقول "كارول دال" Carol Dahl من معهد السرطان القومي الأميركي National Cancer Institute، أن التطبيقات الطبية للنانوتكنولوجي ستغير وجه الطب إلى الأبد، فسوف تكون هناك منتجات متعددة الأغراض يمكن حقنها في جسم الإنسان، لتقوم بمراقبة التغيرات الرئيسية في الخلايا لتحصل على مؤشرات مبكرة للسلوك العشوائي لها، مما يدل على بداية السرطان، وتضيف "دال" لا نريد الإنتظار حتى نرى الأورام على شاشات أجهزة التخطيط مافوق الصوتية أو الضوئية أو غيرها، وانما نريد الكشف عن التغيرات الخلوية عند مستوى الجزيئات بمؤشراتها ونكون قادرين على البدء بالعلاج لدى أول بوادر ظهور تلك التغيرات التي تؤدِّي إلى السرطان، وما نحتاجه هو أجهزة استشعاربيولوجية ميكانيكية، وتضيف "دال" أن الباحثين يركزون على التكنولوجيا بالمقاييس الميكروسكوبية التي تستطيع الكشف عن السرطانات ومعالجتها، تلك الأجهزة التي تستطيع أن تنفذ خلال الجسم للبحث عن الظواهر غير الطبيعية فيه. وهذه الأجهزة الدقيقة جداً مثل النقط الكمية التي هي أصغر بمئة ألف مرة من رأس قلم الرصاص، والتي تستخدم لعكس الضوء من أجل توليد صورة أكثر تحديداً مما يمكن عمله الآن، كما تستطيع إجراء عملية مسح للبحث

عن السرطان، عن طريق استخدام الأحماض النووية على أسطح خلاياه للكشف عن التغيرات والظواهر غير الطبيعية[52].

لهذا فقد شكلت معاهد الصحة القومية ومعهد السرطان القومي في الولايات المتحدة "ائتلاف النانوتكنولوجي الخاص بالسرطان" Nanotechnology Alliance for Cancer في ميرلاند، بهدف تعجيل عملية انتقال العلم المرتكز على الجزيئيات من المختبرات إلى العيادات الطبية. يقول العالم "بيوتر غرودزينسكي" Piotr Grodzinski مدير هذا الائتلاف، إنه يمكن للنانوتكنولوجي أن تحدث ثورة في الرعاية الصحية في البلدان النامية، وأن تزيد من توفر العلاج من أمراض تقضي على ملايين الأرواح سنوياً في مختلف أنحاء العالم، كما أن المواد والأجهزة الطبية فائقة الصغر ستلعب أدواراً متعاظمة الأهمية والفائدة في تحسين طرق تشخيصنا لمرض السرطان وغيره من الأمراض وطرق معالجة المصابين به والوقاية من الإصابة به في نهاية الأمر[53].

وتعطينا الدراسات والأبحاث السريعة والمتزايدة حول تطبيقات النانوتكنولوجي في مجالات الطب والصحة والعلاج والتي تفوق الخيال العلمي في كثير من الأحيان، فكرة أساسية حول التطورات المذهلة التي يمكن أن تتحقق بفضل تقنية النانوتكنولوجي.

فعلى سبيل المثال يمكن لتطبيقات تكنولوجيا النانو في الطب الحيوي Biomedicine التي يتم تطويرها حالياً، أن تُشكِّل فاتحة أسلوب جديد تماماً لتشخيص ومكافحة الأمراض. ويكمن المفتاح في حجم الجزيئات النانوية الصغير إلى حد لا يصدق، إلى حد يكفي لتسللها إلى داخل البكتيريا أو حتى الفيروسات ثم مهاجمة هذه الأجسام من الداخل[54].

ففي بحث نشر في عدد 28 تموز/يوليو عام 2005في دورية "نيتشر" Nature العلمية البريطانية الشهيرة، تمكن فريق بحثي بقيادة البروفيسور "رام ساسيسكهاران" Ram Sasisekharan من قسم الهندسة الحيوية في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا MIT في الولايات المتحدة، وباستخدام ثلاثة علوم مجتمعة هي بيولوجيا السرطان، الصيدلة والهندسة، من وضع تصميم لغواصات نانوية متناهية الصغر عبارة عن "قنبلة ذكية" Smart Bomb مجهزة بأسلحة طبية لتدمير الخلايا السرطانية، عبارة عن عبوة متناهية في الصغر، أطلق عليها اسم "خلايا نانوية" Nanocell قطرها يساوي جزءاً من مليون من المليمتر، يمكن ادخالها إلى الورم السرطاني واغلاق منافذ الخروج، ومن ثم افراغ حمولتها من المركبات الكيميائية القاتلة في داخل الورم، ومن دون ايذاء لخلايا الجسم السليمة. وقد نجح الباحثون في التجارب الأولية على سرطان الجلد والرئة لدى الفئران في المختبرات. حيث صنعوا غواصات بالونية متناهية الصغر وبحجم خلايا الجسم الطبيعية، ويتكون غلافها الخارجي من مواد كيميائية دوائية تعمل على قفل الأوعية الدموية الصغيرة التي تغذي الأورام السرطانية وتمنع نمو المزيد منها، فيختنق الورم نتيجة لفعل هذه المواد عبر منع مصادر العناصر الضرورية لحياته ونموه من خلال الأوعية الدموية، وبعد ذوبان هذه المواد المكونة للقشرة الخارجية لخلايا النانو وانتهاء مهمتها تظهر الطبقة الداخلية لها، والمكونة من مواد كيميائية للفتك بالخلايا السرطانية المحبوسة بعد قفل منافذ الأوعية الدموية. وقد تمت عملية تصنيع خلايا النانو وفق حسابات علمية دقيقة ومعقدة مبنية على تقدير خصائص المواد الكيميائية عند هذا المستوى من الكتلة والحجم، وخصائص المواد الأخرى التي تلتصق بها داخل بناء هيكل خلايا النانو التي تتحكم في عملية ذوبان مركبات الدواء

الكيميائـــي للـــسرطان وتحررها لكي تبدأ عملها ضمن ما يعرف لدى المهندسين بمنحنى التركيز والتأثير. وقد ظهر من خلال المجهر الإلكتروني أن خلايــا النانو الدقيقة المصنعة التي لا يتجاوز حجمها200 نانومتر، والمحملـــة بالمركبين الكيميائيين العلاجيين للسرطان (دوكسوروبيسين Doxorubicin، كومبريتاســتاتين Combretastatin)، كانت مشابهة لخلايــا الجسم الحية الطبيعية، كما كان سطح خلايا النانو مغلفاً بمادة كيميائية تجعلها تبدو كالشبح Stealth أثناء سريانها في سوائل الجسم، وبالتالي لا تلاحظ وجودها خلايا نظام المناعة بالجسم، مما يمكن خلايا النانو من الوصول بسلام إلى المنطقة المحددة في الورم السرطاني دون أي موانــع، ويـــساعد الحجـــم الدقيق لخلايا النانو على النفاذ من خلال فـــتحات جـــدران الأوعية الدموية في منطقة الورم السرطاني، لتستقر وســـط الخلايـــا الخبيثة لتبدأ عملها، ودون أن تتمكن هذا الحجم من اختراق فتحات جدران الأوعية الدموية في مناطق الجسم السليمة. وقد قام الباحثون برصد تركيز خلايا النانو في أنسجة الأورام السرطانية بعد خمـــس ساعات من دخولها الجسم، وبلغ أعلى تركيز لها هناك بعد 24 ســـاعة، وفي نفـــس الـــوقت انخفض بشكل كبير وجودها في الدم. وأظهرت النتائج أن الفئران التي عولجت بخلايا النانو عاشت ضعف ما عاشـــته الفئـــران الـــتي عـــولجت بـــالعلاج الكيميائـــي التقليدي Chemotherapy، وثلاثة أضعاف المدة التي عاشتها الفئران التي لم تتم معالجتها بأي أسلوب من العلاج. وعن أهمية هذه التقنية، يقول الباحث "شـــيلاديتا سنغوبتا" Shiladitya Sengupta أحد المشاركين في البحث، أنـــه لا يمكـــن توصيل العلاج الكيميائي إلى الورم، بعد تدمير الأوعية الدمـــوية التي تغذية، والتي تنقل المادة الكيميائية إلى الخلايا السرطانية، ومـــن هـــنا تجئ أهمية هذه القنبلة الذكية المؤقتة لتعمل على مرحلتين،

بحـــيث تنقل عبر الدم المادة الكيميائية إلى الورم، وتحجزها بداخله بعد وقـــف تدفق الدم، وقد اتاح هذا العلاج التتابعي (كل دواء يعمل في وقت محدد)، زيادة عمر الفئران المريضة مرتين، من 30 إلى 60 يوماً.

وعن الآفاق الواعدة لهذه التقنية يقول البروفسور ساسيسكهاران رئـــيس الفـــريق البحثي، أننا لن نقف عند هذا الحد، بل نحن نؤسس مفهوماً جديداً في العلاج، فالطريقة الجديدة هي شكل مختلف تماماً لكل ماعرفه الطب من قبل في وسائل العلاج، حيث تكمن أهميتها في كيفية ايـــصال الدواء إلى مكان المرض. وفي ختام هذا البحث يذكر الباحثون الجوانب العديدة التي يمكن تطوير استخدام هذه التقنية في علاج الأورام الـــسرطانية وغيرهـــا من الأمراض، والتي من أهما وأكثرها تقدماً، هو العمل على وضع مؤشرات أو رموز معينة تساعد في توجيه خلايا النانو للمكان المطلوب بصورة دقيقة، بل والى خلية في الجسم بعينها[55].

كمـــا أن العـــالم المصري الأميركي الجنسية البروفيسور مصطفى الـــسيد، أستاذ الكيمياء ومدير معمل ديناميكيات الليزر بمعهد جورجيا للتكنولوجـــيا بالولايات المتحدة، والحاصل على أعلى وسام أميركي في العلوم لعام 2007، قد حقق انجازاً علميا رائداً في مجال النانوتكنولوجي وتطبيقها في علاج مرض السرطان باستخدام "جزيئات الذهب النانوية" Gold Nanoparticles، حـــيث توصل إلى إمكانية علاج السرطان باستخدام مركبات الذهب النانومترية، وقال إنه ينتظر موافقات لتجريبه علـــى البشر بعد أن نجح بنسبة 100 بالمئة في علاج الحيوانات المصابة بالسرطانات البشرية.

وقـــد تركزت أبحاث البروفيسور مصطفى السيد ونجله الدكتور إيفـــان المتخـــصص في طب وجراحة العنق والرأس بقسم طب الأذن والحنجرة بمركز السرطان الشامل بجامعة كاليفورنيا – سان فرانسيسكو

الأميركـــية، حـــول اســـتخدام تقنية النانوتكنولوجي في مجال الطب، وبخاصة في أبحاث السرطان، فقد توصلا إلى أن جزيئات الذهب النانوية تـــساعد في اكتشاف الخلايا السرطانية، وعند تسخين هذه الجزيئات يمكـــنها تـــدمير الخلايـــا السرطانية الخبيثة. ويعمل حالياً البروفيسور مصطفى ونجله أيضاً على تطوير "قضبان ذهب نانوية أسطوانية الشكل" cylindrical gold nanorods يمكن أن تلتحم بالخلايا السرطانية الخبيثة، حـــيث ينـــبعث ضوء عند عملية الالتحام يسهل اكتشاف هذه الخلايا المـــصابة، وباستخدام أشعة الليزر يمكن لهذه القضبان تدمير هذه الخلايا بـــشكل انتقائي ودون إحداث أي أضرار بالخلايا السليمة، إذ إن هذه القضبان مصممة بتردد يسمح لها باستخدام أشعة الليزر التي تثقب تحت الجلد لقتل الخلايا السرطانية الخبيثة دون إلحاق أي ضرر بالجلد.

ويقـــول البروفيسور مصطفى السيد إنه من خلال التجارب التي أجـــراها على حيوانات حية بحقن الأوردة الدموية بجزيئات نانوية من الذهب، تمكن من إبادة الخلايا السرطانية دون التأثير في الخلايا السليمة وذلك بعد تعديل درجات سمية المواد بالتحكم في كيماوياتها. ويضيف أن القـــيود الـــصارمة علـــى التجارب العلمية على البشر في الولايات المـــتحدة تحول دون الإسراع في تجريب هذا الأسلوب على المرضى من البـــشر، لكـــنه استدرك بأن الإجراءات تمضي في هذا السبيل بجامعة هيوستون الأميركية. ويقول البروفيسور مصطفى ان مادة الذهب تفقد خواصها اللاتفاعلية حينما يتم تفتيتها إلى دقائق نانوية وتتحول إلى مادة تفاعلـــية ومحفـــزة تـــتفاعل مع جسم الخلية السرطانية وتحدث وميضا داخلـــها بينما لا تتفاعل مع الخلية السليمة وبالتالي تبدو الأخيرة داكنة تحت المجهر. وتتجمع جزيئات الذهب النانوية لتشكل طبقة مضيئة على جـــسم الخلـــية المريضة لتقتلها خلال دقائق بينما تتفتت داخل الخلايا

السليمة ولا تؤثر فيها بأي حال. ويقول البروفيسور "مصطفى" إن جزيئات الذهب النانوية تتعرف إلى الخلايا السرطانية المصابة لكنها لا ترى الخلايا السليمة. وتقوم مادة النانو الذهبية بامتصاص ضوء الليزر الذي يسلط عليها بعد وصولها إلى الخلية المصابة وتحوله إلى حرارة تذيب الخلية السرطانية.

ويقول البروفيسور "مصطفى" ان استخدام الجزيئات النانوية يعد واحداً من أهم الاتجاهات الحديثة للنانوتكنولوجي، وبخاصة في مجال "طب النانو"، ويتمتع الذهب بثلاث خواص رائعة، فهو عاكس مبهر للضوء، كما أنه يمتص الضوء الذي يسببه ويحوله إلى طاقة، والخاصية الثالثة أنه من أنجح المعادن تفاعلاً مع الجسم البشري، فالجسم يقبله ولا يرفضه ويتفاعل معه دون أضرار، وجزيئات الذهب النانوية تتمتع بكفاءة عالية في مجال التطبيقات التشخيصية والعلاجية، نظراً لسطحها البلازموني المعزز بشكل قوي من حيث الإمتصاص والانتشار، بالإضافة إلى أن الإمتصاص المعزز للجزيئات النانوية يمكن أن يتحول بسرعة إلى حرارة يمكن استخدامها في العلاج الحراري الضوئي الانتقائي إذا كانت الجزيئات النانوية ملتحمة بالأجسام المضادة التي تستهدف بشكل خاص الخلايا الخبيثة. ويتوقع البروفيسور مصطفى أن يكون العلاج بجزيئات الذهب النانوية أقل تكلفة من ناحية المواد المستخدمة فيه من العلاج بالليزر حيث قد يكفي ميكروغرام واحد لعلاج كبد مصاب بالسرطان[56].

وفي بحث علمي نشرت نتائجه في عدد تموز/يوليو 2008 من مجلة "نشرات بحوث مقياس النانو" Nanoscale Research Letters، توصل فيه فريق علمي من "قسم النانوتكنولوجي وعلم النانو" Centre for Nanoscience and nanotechnology (CNST) بجامعة

"ملـــبورن" الأسترالية University of Melbourne بقيادة البروفيسور "فرانك كاروسو" Frank Caruso، إلى تطوير كبسولات نانوية مصنوعة من البوليمرات (جزيئات كربونية) Polymer Nanocapsules قادرة علـــى نقل العلاج الكيميائي وإستهداف الخلايا السرطانية بشكل دقيق جـــداً، دون إلحـــاق الأذى بالخلايا السليمة المحيطة. حيث قام الفريق بتغلـــيف الكبـــسولات بجزيئات الذهب النانوية ولصقها بأجسام مضادة تـــبحث عـــن الأورام، ثم يـــتم حقن الكبسولات في مجرى الدم لتتجمع وتتركـــز داخـــل الأورام، وعندما تتركز الكبسولات بشكل كاف، يتم إطلاق شعاع ليزر عليها من الأشعة دون الحمراء، لتذويب الذهب (كونه يمـــتص بسرعة موجات الأشعة دون الحمراء) وإطلاق العلاج الكيميائي. ولصناعة الكبسولات أو الطلقات قام الفريق العلمي بإضافة البوليمرات إلى محلـــول يحـــتوي على جزيئات العقار الكيميائي لتكوين كريات متعددة الطـــبقات وتغلـــيف العقار. ويجرى بعد ذلك إضافة جزيئات الذهب النانوية التي تبلغ سماكتها نحو 6 نانومتر إلى الخليط، وأخيراً تضاف مواد دهنـــية وأجـــسام مضادة لإستهداف الأورام، وبعد حقن الكبسولات وتجمـــيعها في الخلايا السرطانية يتم إطلاق شعاع ليزر كافياً لتذويب الغـــلاف الذهبـــي على درجات حرارة تتراوح بين 600 و800 درجة مئوية، وبهذه الطريقة يتم إستهداف الخلايا السرطانية دون إلحاق الأذى بالأنسجة المحيطة كما يحدث عادة في العلاج الكيميائي التقليدي[57].

ويـــدرس الآن العلمـــاء في "مختـــبر لـــورنس ليفرمور القومي" Lawrence Livermore National Laboratory، القـــريب من سان فرانسيسكو الأميركية، كيفية إنشاء جزيئات ذات حجم نانوي تعرف باسمهـــا المصغرات "شالز" SHALS (اختصار للحروف الأولى لعبارة Synthetic High-Affinity Ligands وتعـــني جزيئات صناعية عالية

الانجــذاب) مــصممة حسب الطلب لتلتصق بموقع مُحدّد على سطح خلية بشرية. ومع أن جزيئات "الشالز" اعتبرت في أول الأمر أداة دفاع ضــد "الإرهاب البيولوجي" يمكنها اكتشاف وإبطال مفعول مسببات الأمراض القاتلة مثل الأنثراكس، إلا أن علماء الكيمياء الحيوية في "مختبر لــورنس ليفـــرمور" وفي "مركز ديفز للسرطان في جامعة كاليفورنيا" University of California-Davis Cancer Center، ســـرعان ما استنبطوا لها استخداماً طبياً أوسع بكثير.

ويأمـــل العلماء من التمكن، من خلال صنع" شالزات" مصممة بـــشكل محدد للإلتصاق بمواقع المستقبلات الفريدة unique receptor القائمة على سطح بروتينات خلية سرطانية، من استعمال سلاح جديد في المعركة ضد السرطان. وستقوم "الشالزات"، عندما يتم دمجها بنظير إشعاعي radioactive isotope أو دواء لعلاج السرطان، ليس فقط بالعـــثور علـــى الخلايا السرطانية والالتصاق بها وإنما أيضاً بتدمير هذه الخلايا المستهدفة عن طريق إطلاق مقاتلات المرض disease fighters هـــذه مباشرة داخل الورم الخبيث. ويتم حالياً إجراء التجارب للتحقق من إمكانية استخدام "الشالزات" كعلاج لسرطان البروستات وسرطان غير هودجكن اللمفاوي Non-Hodgkins Lymphoma (نسبة إلى أول من اكتشفه الطبيب البريطاني توماس هودجكن Thomas Hodgkin (1798-1866)[58].

كما تمكن باحثون من مستشفى بوسطن للأطفال Children's Hospital Boston من تطوير دواء باستخدام تكنولوجيا النانو و"فطر"، ربمـــا يكون فعالاً بشكل كبير ضد سلسلة من أمراض السرطان. ونشر البحث في 29 حزيران/يونيو 2008 على الموقع الإلكتروني لمجلة "نيتشر بيوتكنولوجي" Nature Biotechnology.

وتم تحسين هذا الدواء واسمه "لودامين" Lodamin في واحدة من التجارب التي أشرف عليها الدكتور "جودة فوكمان" Judah Folkman وهـــو باحث في مجال السرطان. ومبتكر فكرة العلاج بتجويع الأورام السرطانية بمنعها من إمدادات الدم المتزايدة.

و"الالـــودامين" مثبط لتكوين الأوعية الدموية كان فريق فوكمان يعمل على انجازه منذ 20 عاما. ويقول زملاؤه إنهم ابتكروا تركيبة على شكل قرص ليس لها آثار جانبية.

وأظهرت التجارب التي أُجريت على الفئران انه يعمل ضد سلسلة مـــن أمراض السرطان من بينها سرطان الثدي وسرطان خلايا الجذع الجنينـــية وســـرطان المبيض وسرطان البروستاتا وأورام المخ السرطانية المعروفة بالأورام الجذعية الدبقية وسرطان الرحم.

وعرف هذا الدوء تجريبياً باسم "تي أن بـــي - 470" TNP-470 وقد استخرج أصلاً من فطر يسمّى "أسبيرجيلوس فوميجاتوس فريسينيوس" Aspergillus Fumigatus Fresenius، أو "الرشاشات الدخناء".

واكتـــشف الـــباحث "دونالد إنجبير" Donald Ingber من جامعة هارفـــارد هذا الفطر صدفة أثناء محاولة زراعة "خلايا بطانية" وهي الخلايا التي تبطن الأوعية الدموية. وأثر هذا الفطر على هذه الخلايا بطريقة يعرف انها تمنع نمو الاوعية الدموية الدقيقة المعروفة باسم الشعيرات.

وطـــور "إنجبير وفوكمان" دواء "تي أن بـــي - 470" بمساعدة شـــركة "تاكيدا للصناعات الكيماوية" Takeda Chemical Industries في اليابان في عام 1990.

ولكـــن هذا الدواء كان يؤثر على المخ مُسبباً الاكتئاب والدوار وآثاراً جانبية أخرى. ولم يكن يبقى أيضاً في الجسم لفترة طويلة مما دفع المختبر أن يتخلى عن الدواء.

ولم تـنجح الجهود الرامية إلى تحسينه بشكل طيب. ولكن قامت الباحثة "أوفرا بيني" Ofra Benny من مستشفى بوسطن للأطفال وكلية هارفـارد الطبية وزملاؤها بعد ذلك باستخدام تكنولوجيا النانو وقاموا بحماية هذا الدواء من الحمض المعدي stomach acid.

وقالـت "بيني" وزملاؤها إن الدواء ساعد على وقف ما يسمّى بالأورام الأولية ومنع أيضاً انتشارها.

وقـال فـريق بـيني إنه بعد 20 يوماً من حقن عدد من فئران التجارب بخلايا سرطانية نفقت أربعة فئران من بين سبعة فئران لم تعالج بالألودامين في حين ظلت كل الفئران التي عولجت حية.

ويعتقد الباحثون أن "الألودامين" قد يكون مفيداً أيضاً في أمراض أخـرى تتسم بالنمو غير الطبيعي للأوعية الدموية مثل ضمور القرنية المرتبط بتقدم السن(59).

ومـن الأبحـاث الأخـرى الـتي تـبين التطبـيقات الواعدة للنانوتكنولوجي في مجال "طب التجديد"Regenerative Medicine، الـبحث الذي قام به الباحث "صمويل ستاب" Samuel Stupp مدير معهـد بيونانوتكنولوجي Institute of BioNanotechnology في جامعة نورثوسترن الأميركية Northwestern University، ونشر عام 2007 في مجلة "ساينس" Science العلمية الأميركية، والذي أشار فيه إلى أن النانوتكنولوجي وسيلة واعدة لإصلاح التلف في الحبل الشوكي Spinal Cord، وقـد تؤدّي إلى تمكين المصابين بالشلل من الحركة مجدداً، حـيث قـام بحقن فئراناً مصابة بالشلل بمحلول يحتوي على جزيئات مـصممة بهـدف إعادة توليد خلايا الحبل الشوكي التالفة. وأظهرت نتائج الدراسة أن الفئران المصابة بالشلل تمكنت من تحريك أطرافها بعد سـتة أسابيع من حقنها بالمحلول. وحول هذا البحث قال "ستاب" في

اجتماع علمي في 23 نيسان/أبريل2007، لمشروع النانوتكنولوجي الناشئة Project on Emerging Nanotechnologies، إن المحلول يحتوي على جزيئات تعيد إنتاج أنسجة لا تشفى عادة بصورة طبيعية مثل العظام والأعصاب، وعند حقن الفئران بهذه الجزيئات المعدة لكي تتجمع لتكون تركيبات نانوية دقيقة Nanostructures في نسيج الحبل الشوكي، أمكن إنقاذ وإتاحة نمو الخلايا العصبية التالفة بصورة سريعة، الأمر الذي يتيح الفرصة في علاج الأمراض التي تسبب تلفاً في الخلايا العصبية، وقال "ستاب" إنه تمّ إجراء تجارب أخرى على فئران تمّ حقنها بجزيئات نانوية تم تطويرها، مما أدّى إلى شفائها من أعراض مرض باركنسون Parkinson. وأضاف "ستاب" أن التجارب السريرية لعلاج الحبل الشوكي على البشر قد تبدأ خلال بضع سنوات. وفي دراسة حديثة نشرت في كانون الثاني/يناير 2009 في دورية "وقائع الأكاديمية الوطنية الأميركية للعلوم" Proceedings of the National Academy of Sciences، تمكن فريق بحثي من جامعة كاليفورنيا الأميركية في سان دييغو University of California at San Diego من تطوير طريقة جديدة من شأنها أن تساعد على تسريع نمو العظام accelerate bone growth باستخدام الأنابيب النانومترية المصنعة من أوكسيد التيتانيوم والخلايا الجذعية titanium oxide nanotubes with stem cells، وذكر الباحثون أن هذا الكشف من الممكن أن يؤدِّي إلى الشفاء بصورة أفضل وأسرع، وبخاصة للمرضى الذين يخضعون لعمليات جراحية في المناطق العظمية orthopedic. ففي تلك الدراسة قام الفريق البحثي المكون من مهندسي البيولوجيا وخبراء علم المواد bioengineers and materials science، باستخدام إحدى طرق تكنولوجيا النانو الحيوية nano-biotechnology method الخاصة

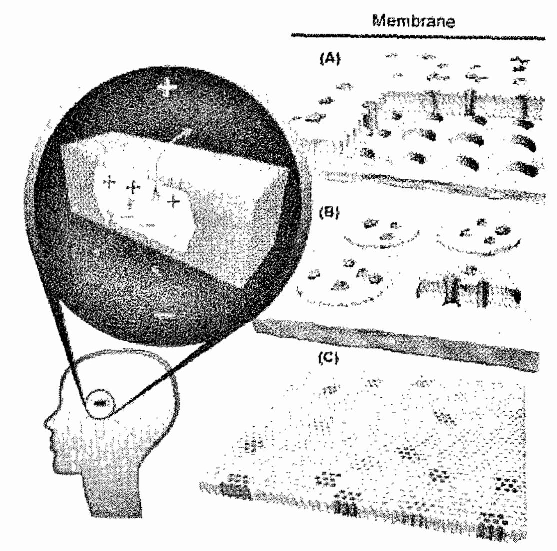
باستبدال الخلايا الجذعية mesenchymal stem cells الموجودة بأعلى الأنابيب النانومترية الدقيقة للغاية والمصنعة من أوكسيد التيتانيوم من أجل السيطرة على طرق "التحويل" conversion paths التي يطلق عليها "التفريق" Differentiation بداخل خلايا بناء وتكوين العظام osteoblasts or bone building cells، ويمكن استخلاص خلايا mesenchymal الجذعية التي تختلف عن خلايا الأجنة الجذعية والحصول عليها بشكل مباشر من نخاع العظام للشخص المريض. وقال "سونغو جين" Sungho Jin الباحث المشارك في هذه الدراسة وأستاذ علم المواد بكلية جاكبسون للهندسة Jacobs School of Engineering بجامعة كاليفورنيا في سان دييغو: "بأنه إذا تعرضت ركبتك أو قدمك للكسر نتيجة لممارسة رياضة التزلج على سبيل المثال، سوف يقوم أحد جراحي العظام orthopedic surgeon بزرع قضيب من التيتانيوم titanium rod، وبعدها تسير على العكازين لمدة ثلاثة أشهر تقريباً، ولكن ما نتوقع حدوثه من خلال هذه الدراسة هو أنه إذا قام الجراح باستخدام الأنابيب النانومترية المصنعة من أوكسيد التيتانيوم مع الخلايا الجذعية، فقد تتم عملية معالجة العظام بشكل سريع وربما يتمكن المريض من المشي في غضون شهر واحد فقط، بدلاً من الإعتماد على العكازين لمده تصل لثلاثة أشهر"، وأضاف الباحث "جين": "تشير النتائج التي توصلنا إليها في المختبر in-vitro إلى أن مثل هذه المزايا من الممكن أن تحدث عن طريق الاستعانة بالقطع التي يتم زراعتها ومعالجتها بواسطة الأنابيب النانومترية المصنعة من أوكسيد التيتانيوم، التي يمكنها التقليل من احتمالات تعرض العظام للهشاشة والضعف، التي تعد أشهر مشكلات العظام orthopedic problems التي تستدعي إعادة العمليات الجراحية لمنطقة الأوراك وباقي الزراعات للمرضى"،

وقال "سوينغن بريان أوه" Seunghan (Brian) Oh الباحث الرئيسي في الدراسة: "ما تمكنّا من تحقيقه هو ابتكار طريقة لتقديم "تفريق موجه" guided differentiation باستخدام الأنابيب النانومترية فقط، بدلاً من اللجوء إلى المواد الكيميائية"، وأضاف "شو شين" Shu Chien أستاذ الهندسة الحيوية ومدير معهد الهندسة في الطب Institute of Engineering in Medicine بالجامعة وأحد المشاركين في الدراسة، بأن هذه الدراسة أظهرت أسلوباً مبتكراً يمكننا من خلاله تعديل تمايز الخلايا الجذعية، الذي يعدّ غاية في الأهمية بالنسبة إلى الطب التجديدي، وهذا ما سيؤدِّي إلى نهج حقيقي متعدد التخصصات بين الهندسة والطب للحصول على طرق علاجية جديدة للمرضى"[60].

ومن البحوث الأخرى التي تؤكد التطبيقات الطبية الواعدة للنانوتكنولوجي، التي تعد بالكثير من التطبيقات في مجال حقن ونقل الأدوية عن طريق الجزيئات النانوية الدقيقة، البحث الذي قام به فريق بحثي بقيادة البروفيسور "سوديبتا سيل" Sudipta Seal من مركز "تحليل وتطوير المواد ومركز علوم تقنية النانو" في جامعة فلوريدا المركزية University of Central florida، ونشر في عدد حزيران/يونيو عام 2007، من مجلة الكيمياء الفيزيائية Journal of Physical Chemistry. وفي هذا البحث قام الباحثون بتصنيع جزيئات نانوية دقيقة Nanoparticles تستخدم كناقل لعلاج مرض الجلوكوما (المياه الزرقاء) Glaucoma، الذي يصيب العيون، وهو عبارة عن زيادة في الضغط للسائل داخل العين، مما قد يؤثر على العصب البصري، وقد يتسبّب في العمي، ويصيب المرض الملايين حول العالم. يقول الباحث "سيل" إن هذه الجزيئات النانوية الدقيقة يمكنها بسهولة اجتياز حاجز الدم الدماغي Blood Brain Barrier (BBB) (حاجز بين الدم والدماغ يحجز المواد

التي لا يرغب فيها الجسم فلا تصل إلى المخ)، مما يجعلها ناقلة أدوية غير سامة فعالة. حيث قام الفريق البحثي بتصنيع جزيء دقيق من أوكسيد السيريوم Cerium Oxide Nanoparticle، تمّ ربطه بمركب يعرف بقدرته على كبت أنــزيم (hCAII) الذي يعتقد أنه يلعب دوراً مهماً في الإصــابة بالجلوكوما، وقد جاء في هذا البحث أن واحد إلى ثلاثة بالمــئة مــن الأدوية الحالية لعلاج الجلوكوما، يمكنها العبور إلى العين، ولكــن اســتعمال الجزيئات النانوية الدقيقة يرفع هذه النسبة، كما لا يــسبب أي إزعاج للمريض، بالمقارنة مع البوليمرات المعقدة المستعملة في أغلب قطرات العين[61].

كما يطور علماء أميركيون بطارية نانوية Nano-size Battery، يمكــن غرسها في العين لتغذية شبكية صناعية Artificial Retina طورت لتعويض الشبكية الطبيعية المتضررة. حيث يعمل فريق بحثي برئاسة الباحثة "سوزان ريمب" Susan Rempe من المعهد الوطني للعيون National Eye Institute التابع لمعاهد الصحة الوطنية الأميركية، لتصميم نماذج لأجهزة طبية نانوية وأجزاءها وموادها Biomimetic Nanoconductors، والمهمة الأولى للمعهد هي تطوير مولدات للطاقة Electric Power أي بطاريات بيولوجية نانوية Bio-batteries لعدد كبير من الأجهزة المستقبلية التي يمكن زرعها داخل جسم الإنسان، خصوصاً للشبكية الصناعية التي طــورت فعلاً في معهد دوهيني للعيونDoheny Eye Institute بجامعة سازرن كاليفونيا الأميركية University of Southern California، وســوف تــستخدم هذه الشبكية الصناعية والبطارية النانوية في علاج حالات تدهور البصر المرضية[62]، (أنظر الشكل 22).



شكل (22): يطور علماء في معاهد الصحة الوطنية الأميركية "بطاريات بيولوجية نانوية" لعدد من الأجهزة المستقبلية التي يمكن زرعها في جسم الإنسان، وبخاصة التي يمكن غرسها في العين لتغذية الشبكية الصناعية.
www.sandia.gov/.../2006/comp-soft-math/eye.html

كما أن الباحث "كاي بانغ ليي" Ki Bang Lee من معهد أبحاث النانوتكنولوجي والهندسة الحيوية Institute of Bioengineering and Nanotechnology في سنغافورة، نشر بحث في عام 2005في مجلة "الآليات الدقيقة والهندسة الدقيقة" Journal of Micromechanics and Microengineering، عن استخدام النانوتكنولوجي للاستفادة من بول الإنسان في صنع بطاريات طويلة العمر لفحص مرضى السكر[63].

ودراسة أخرى عن دور النانوتكنولوجي في صنع الأجهزة الطبية المستخدمة في غرف العمليات والعناية المركزة، مما سيقلل من عدوى المستشفيات وانتقال الجراثيم إلى المرضى، قدمها الباحث "بروس غيبينس" Bruce Gibbins في" مؤتمر أبحاث النانو" في ولاية أريغون الأميركية في الفترة من 25 الى 28 تموز/يوليو عام 2005، ويقول فيها بأن وضع طبقة

رقـيقة من الفضة على مستوى النانو، فوق أسطح الأدوات الطبية لا يعطـي فرصة للميكروبات للالتصاق عليها، وهو مايتم لأول مرة في العـالم، ويعـد هـذا أولى الخطـوات الـصحيحة للحد من عدوى المستشفيات[64].

ويقوم الآن فريق بحثي من مستشفيات جامعة ميتشيغان الأميركية University of Michigan health System برئاسـة البروفيـسور "دافيد هيوميس" David Humes باستخدام النانوتكنولوجي في مشروع تطويرصـناعة كلية صناعية حيوية Bioartificial Kidney، تحت اسم "كلـية في خـرطوش"، وتتكون من أنابيب دقيقة مفرغة، وتبطنها من الـداخل خلايا حية مطابقة للخلايا الطبيعية الموجودة في الكليتين. وفي هـذه الحالـة تتم عملية تنقية الدم من المواد الضارة من خلال خلايا طبيعـية تؤدِّي نفس الوظائف التي تؤدِّيها خلايا الكلية الطبيعية وبنفس الكفاءة وبدون الأعراض الجانبية للفلاتر الصناعية كما في حالة أجهزة الغـسيل الكلـوي، ويـتوقع الباحثون أن تكون هذه الكلى الصناعية جاهـزة للاستعمال في غضون السنوات القليلة القادمة. وقد نشر هذا البحث في عدد تشرين الأول/أكتوبر عام 2004 من مجلة "أبحاث الكلية الدولية" Journal Kidney International، حيث استخدم العلماء في تجارهم الأولى خرطوش (كارتريدج) خارجيCartridge، يحتوي على تلـك الأنابـيب الخاصة المبطنة بخلايا الكلى الطبيعية، وكانت النتائج الأولية مشجعة جداً،حيث نجا 6 من المرضى من أصل 10، على الرغم مـن أن احتمالات نجاهم من الموت لم تتعدى 20بالمئة، الى درجة أن هيـئة الـرقابة علـى الأغذية والأدوية الأميركية قد منحت الباحثين التـرخيص للانتقال للمرحلة التالية من مراحل التطبيق العملي. وإذا ما نجحت هذه التجارب، فسوف يتم علاج مرضى الفشل الكلوي الحاد

والمـــزمن، من خلال زراعة بضعة أنابيب مبطنة بخلايا كلوية في أجساد هؤلاء المرضى، ودون الحاجة للغسيل الكلوي وزراعة الكلي[65].

كمـــا توصل باحثون أميركيون إلى أن الجسيمات النانوية المتناهية في الصغر تضاعف حياة خلايا دماغ Brain Cells الفئران أربع مرات، فقد قامت الباحثة "بيفرلي ريزاغالينسكي" Beverly Rzigalinski، وزميلها الباحث "سوديبتا سيل" Sudipta Seal من جامعة سنترال فلـــوريدا الأميركـــية، بإجراء تجارهم على الجسيمات النانوية المضادة للتأكسد، واكتشفوا تأثيرها الكبير على خلايا الدماغ، فقد توصلوا إلى أن الجـــسيمات النانوية المضادة للتأكسد قد ضاعفت عمر خلايا أدمغة الفئـــران أربـــع مرات، ومن المعتاد أن تعيش خلايا أدمغة الفئران لفترة أقـــصاها 3 أســـابيع في المستنبتات المختبرية، في حين أنها عاشت فترة أطـــول بثلاث أو أربع مرات حينما ربطت بالجسيمات النانوية، وقد توصلوا لنفس النتيجة عند إعادة التجربة عدة مرات. يقول الباحثان أن الجسيمات النانوية جددت حياة خلايا الدماغ، فقد أثبتت الفحوصات أن هذه الخلايا كانت تتصل ببعضها مثل الخلايا العصبية الجديدة. وهذا الاكتشاف يفتح آفاقاً واسعة أمام علاج الأمراض التي تتعلق بتقدم سن الخلايـــا، مـــثل مرض الزهايمر والتهاب المفاصل وبعض أنواع الأورام السرطانية. وقالت مصادر جامعة سنترال فلوريدا الأميركية، إن الباحثة "ريزا غالينسكي" قد توصلت قبل فترة إلى أن الجسيمات النانوية تتمتع بالقـــدرة علـــى وقف تقدم الالتهابات أيضاً، ويدرس باحثون بالجامعة حالـــياً استخدامها في أجزاء القلب والشرايين والمفاصل التي تزرع في الجـــسم، وتثبت النتائج الأولية للأبحاث أن الجسيمات النانوية المضادة للتأكسد تتغلغل إلى الخلايا وتحفز تجديدها لنفسها، مما يعني إمكانية غير محدودة لاستخدامها في الطب العلاجي[66].

كمـا تمكـن فـريق بحثـي أميركي من معهد ماساتشوستس للتكنولوجـيا وجامعة هارفارد من تطوير حقنة "نانوتكنولوجية" يومية للمصابين بداء السكري، تسمّى "الأنسولين الذكي"، وذلك لمساعدتهم علـى الحفاظ أوتوماتيكياً على المستويات المطلوبة للجلوكوز في الدم، من دون الحاجة إلى مراقبة هذه المستويات بفحص الدم لمرات معدودة في اليوم، وحقن أنفسهم بالأنسولين. وتحتوي حقنة "الأنسولين الذكي" على دقائق متناهية في الصغر، مصنوعة بتقنية النانوتكنولوجي، وعندما تنفتح تطلق الأنسولين ببطء نحو مجرى الدم وفقاً لمستويات الجلوكوز في الـدم، وعـند وصول الدم إلى وضعه الطبيعي تتصلب الدقائق النانوية وتتوقف عن ضخ الأنسولين إليه[67].

وقـد طـرح علمـاء أستراليون أواخر عام 2007 عن إمكانية اسـتخدام تقنـيات النانو في القضاء على الإصابات بداء" المقوسات" الذي تتسبب به طفيليات "توكسوبلازموزيز" Toxoplasmosis، والتي تكتسب أهمية عالية لدى الحوامل والمرضى المصابين بتدني مستوى قوة جهـاز مناعة الجسم، كمرضى الإيدز أو المرضى الذين تمت لهم زراعة أحـد الأعضاء أو المتقدمين في السن أو مرضى الفشل الكلوي أو فشل الكـبد أو الـسكري، وتحـدث الإصـابة عـند إبـتلاع طفيليات "توكـسوبلازما غوندي" Toxoplasma gondii الموجودة في اللحوم غير المطبوخة جيداً أو في براز القطط وغيرها من الحيوانات الأليفة وغير الأليفة. فقد أعلن الباحث "مايكل كورتي" Michael Cortie وزملاؤه مـن جامعة سيدني للتقنية University of Technology Sydney بأسـتراليا في دراسـة نشرت في كانون الأول/ديسمبر عام 2007 في "نشرات النانو" Nano Letters الصادرة عن "جمعية الكيمياء الأميركية American Chemical Society (ACS)، أنهـم تمكنوا من تطوير ما

أطلقـــوا عليه" رصاصات من الذهب" Golden Bullet لعلاج الإصابات بطفيليات توكسوبلازما، وهي عبارة عن قطع من معدن الذهب بحجم النانو دقيقة جداً في الحجم والكتلة، تلتصق على أجسام مضادة موجهة للقضاء على هذه الطفيليات في حالة تنشيط قطع الذهب بحزم من ضوء الليـــزر. وقد تمكن الباحثون من اختيار فاعلية "العلاج الذهبـــي" على طفيلـــيات مستوطنة داخل خلايا حية في أطباق من مزارع الأنسجة في المختـــبرات cell culture dishes، وعند تعريض الخلايا المصابة لقطع الذهب وتنشيط عملها بضوء الليزر، تمكن العلاج من القضاء على أكثر من 83 بالمئة من تلك الطفيليات، ويأمل الباحثون إستكمال نتائج هذا البحث عند اختبار هذا العلاج على الأفراد المصابين بتلك الطفيليات[68].

ونظراً لأن أنابيب الكربون النانوية (النانوتيوب Nanotubes) تتميز بخصائصها الكيميائية والضوئية الفريدة، إذ إن باستطاعتها أن تشع موجات ضـــوئية بطول موجي محدد، لذا فهي تجتذب اهتمام الكثير من الباحثين في مجـــال الطب الحيوي، حيث يتوقع أن تساهم في تحقيق إنجازات مميزة في المجالين التشخيصي والعلاجي، وبخاصة أمراض السرطان والكبد، ما يمهد للكشف عن إيجاد علاج مناسب يوقف انتشارها، ففي دراسة أميركية أجـــريت على الحيوانات ونشرت في كانون الأول/ديسمبر 2007 في "دورية السرطان" Journal of Cancer، أظهرت أن استخدام أنابيب الكـــربون النانوية (النانوتيوب) في الأنسجة الحية، ليس له آثار سلبية. حـــيث قام باحثون من جامعة رايس الأميركية Rice University ومركز أم. دي. أندرسون للسرطان M.D. Anderson Cancer Center الـــتابع لجامعة تكساس الأميركية، بدراسة بهدف رصد تأثير استخدام أنابـــيب الكربون النانوية، علي أجسام الكائنات الحية، حيث تضمنت تجارب تعد الأولى من نوعها، والتي تتبع الباحثون من خلالها مسار تلك

الأنابيب المجهرية في أجسام الأرانب، من خلال فحص نسيج العضو الذي يتوقع أن تستقر فيه. حيث حقن الباحثون 4 أرانب بمحلول من أنابيب الكربون النانوية المكونة من طبقة واحدة، مباشرة في أورام الكبد السرطانية، ثم تم تعريضهم لمدة دقيقتين للأشعة ذات الموجات الراديوية radio waves.

وأظهرت نتائج الدراسة أن الموجات الراديوية تحرق أنابيب الكربون النانوية المغموسة في الأورام، وبالتالي تدمير أورام الكبد السرطانية،كما تبين أن الأنابيب قد استقرت في النسيج الكبدي بعد ساعة من حقن الحيوان بها، وأن بعض تلك الأنابيب قد ترسب في أجزاء من النسيج الكلوي، وهو ما توقعه الباحثون حيث يعتبر هذان العضوان مصفاة للدم.

وقد علق الباحث "ستيفين كيرلي" Steven Curley، أحد أعضاء الفريق البحثي، وأستاذ جراحة الأورام السرطانية ورئيس شعبة أورام الجهاز الهضمي في مركز أندرسون للسرطان، علي نتائج الدراسة قائلاً "إننا مسرورون لأن الأنابيب حافظت على خصائصها المشعة في تلك التجارب، ما يجعل رؤيتها وتعقبها أمراً سهلاً، ليفتح بذلك المجال أمام تطوير العديد من التطبيقات التشخيصية والعلاجية"[(69)].

كما تمكن فريق بحثي من جامعة رايس Rice University الأميركية في هيوستون من استخدام أنابيب الكربون النانوية في التشخيص بأشعة إكس X-ray، حيث قام فريق البحث بقيادة العالم "لون ويلسون" Lon Wilson بتعبئة أنابيب الكربون النانوية بمادة "الإيودين" Iodine ووضعها على غشاء (فيلم) رقيق من البروتين، حيث يتحد هذا البروتين مع خلايا محددة في جسم الإنسان، وبهذا تصبح أنابيب الكربون النانوية بداخلها الإيودين داخل الخلية الحية المراد تشخيصها. إذ من المعروف

أن استخدام أشعة اكس للحصول على صور تشخيصية لجسم الإنسان، تظهر صور العظام بدون الأنسجة الحية، وذلك بسبب التباين الكبير بين مـــادة العظـــام والأنسجة في جسم الإنسان بالنسبة إلى أشعة إكس. وتستخدم مواد ذات تباين عالي مثل "الإيودين" Iodine تحقن في جسم الإنـــسان للحـــصول علـــى صور للأغشية الحية مثل تصوير المعدة أو الأوعـــية الدمـــوية أو في أي مكـــان يكون هناك توقع لوجود خلايا ســـرطانية. ولكـــن مادة "الإيودين" تتحرك في الأوعية الدموية لجسم الإنسان مما يجعل توجيهها إلى منطقة بدقة في جسم الإنسان أمرا صعباً.

ولـــذلك فـــإن أفضل وسيلة تجعل استخدام أشعة اكس لتصوير الأنسجة الحية في الجسم، هي باستخدام أنابيب الكربون النانوية وملئها بمادة "الإيودين" وزرعها في الخلايا الحية[70].

كما أظهرت دراسة قام بها علماء في جامعة رايس Rice University الأميركية، وجامعة رادبويد Radboud University الهولندية، انه يمكن عـــن طريق استخدام جزيئات النانو Nanoparticles المساعدة في نمو أنسجة عظمية أكثر كثافة، وقد ظهرت نتائج هذه الدراسة في "دورية العظام" Bone Journal في حزيران/يونيو 2008. حيث قام العلماء بوضع خلايا عظمية بسقالات scaffolds مسامية ذات قابلية للتحلل تتكون مـــن مركب Poly Propylene Fumarate (PPF) وأنابيب الكربون النانوية.

وأجرى العلماء اختبارات على الأرانب حيث تم زرع نوعين من الـــسقالات بهم، الأولى تتكون من مركب (PPF) بنسبة 100 بالمئة، والأخـــرى تـــتكون مـــن مركب (PPF) بنسبة 99.5 بالمئة، وأنابيب الكربون النانوية أحادية الجدار single-walled carbon nanotubes بنسبة 0.5 بالمئة.

وأظهرت نتائج الدراسة بعد الفحص زيادة نمو العظام بمقدار ثلاثة مرات بالأرانب التي تم لها زراعة السقالات ذات أنابيب الكربون النانوية، مقارنة بالتي تتكون بنسبة 100 بالمئة من مركب (PPF)، كما أن السقالات ذات أنابيب الكربون النانوية كانت تحتوى على كثافة أعلى من نسيج العظام bone tissue مقارنة بما حولها[71].

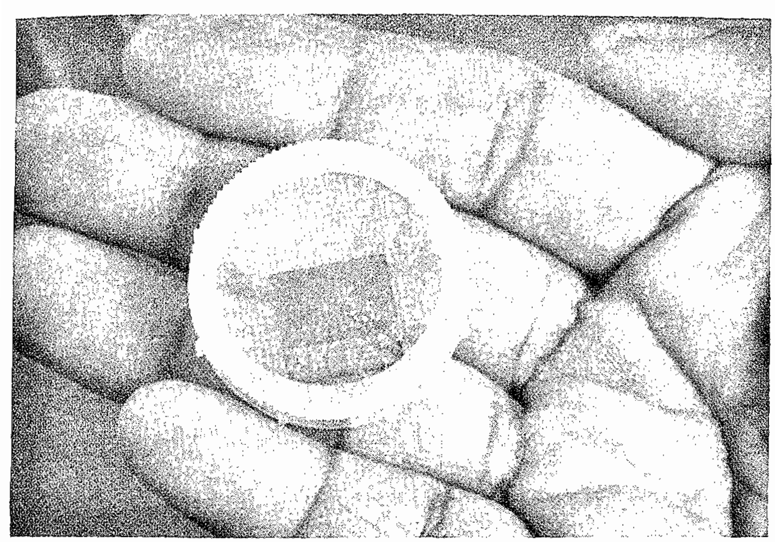
ومن التطبيقات الأخرى الواعدة للنانوتكنولوجي في المجال الطبي، استخدامها في مجال حيوي مهم آخذ في الإزدياد يعرف بالمجسات (المستشعرات) البيولوجية Biosensors، وهي عبارة عن أجهزة استشعار دقيقة الحجم لا يتجاوز قطرها 100 نانومتر، وتقوم هذه المستشعرات برصد ما يراد متابعته وتحليله، وتحتوي أجزاء للرصد الحيوي وأجزاء للكشف الفيزيائي الكيميائي، وتتكون هذه المستشعرات من ثلاثة أجزاء، هي:

- عنصر حيوي حساس sensitive biological element لأي من المواد أو المركبات الحيوية مثل الأنسجة أو الميكروبات أو أجزاء من الخلية أو من جدارها الخارجي أو أنزيمات أو احماض نووية أو مواد كيميائية كالغلوكوز أو غير ذلك، ويتم إنتاج هذا العنصر الحيوي الحساس عبر تقنيات الهندسة الحيوية.
- عنصر راصد detector element، يعمل بطريقة فيزيائية كيميائية، كالبصرية أو الكهربائية الكيميائية أو القوى الحرارية أو المغناطيسية أو غيرها.
- موصل فيما كلا العنصرين transducer.

ولهذه المجسات البيولوجية العديد من التطبيقات المهمة في المجال الطبي، حيث تستخدم المجسات البيولوجية الخارجية الآن في غرف

الطــوارئ كــوحدات تشخيص لمعرفة أجزاء الجسم التي تحتاج إلى رعايــة طبية، ومن أمثلة ذلك المجس البيولوجي "معمل على شريحة" Lab on a Chip وهــو عبارة عن مختبر كيميائي مدمج في رقاقة، حــيث يمكــنه القيام بإجراء تحليل الدم للكشف عن مواد كيميائية معيــنة، يــدل وجودها على إصابة المريض بمرض ما، كرقاقة تحليل "تــريبونين" Troponin الواســعة الاستخدام اليوم في المستشفيات وخارجها لتشخيص الإصابة بالنوبة القلبية[72]. وحالياً تطور بعض الــشركات مجــسات بيولوجية قابلة للزرع في الجسم، يمكنها تتبع مستوى سكر الجلوكوز في الدم لدى المرضى المصابين بداء السكري نظــراً لأن ارتفــاع أو انخفاض الجلوكوز عن المستوى الطبيعي قد يــؤدِّي إلى مضاعفات خطيرة للمصاب، لذا يتم حاليا تطوير تقنية النانو لتقوم بمراقبة مستوى الجلوكوز في الدم بشكل مستمر وبالتالي يكــون المريض على علم فوري بأي تغيير قد يطرأ على المستوى في الــدم من خلال الحساس الحيوي الموجود داخل الجسم, وليس كما هــو معمــول بــه الآن من الكشف عندما يشعر المصاب بأعراض المــرض. فعلــى ســبيل المــثال تقوم حالياً شركة "مايكروتشيبز" MicroChips الأميركــية بإجــراء اختــبارات على زراعة رقاقة إلكتــرونية تــضخ بعضاً من الأدوية في الجسم، خلال فترات زمنية يمكــن التحكم بها، ما يغني عن تناول الدواء بشكل متكرر لأوقات زمنية طويلة، وسوف تكون هذه الرقاقة الحيوية الدقيقة جداً والمحتوية علــى الــدواء، واعــدة جــداً في علاج السرطان، والتي ستسمّى "بالــروبوت المجهري"، حيث سيتناولها المريض عن طريق الفم مثل كبــسولة الــدواء، وسوف تقوم الرقاقة بإطلاق الدواء في الجسم بالمعدل المطلوب، مما سيزيد من فاعلية الدواء وإذا ما استمر التقدم

التقني في مجال "المجسات البيولوجية" بنفس السرعة التي يسير عليها خلال هذا العقد، فإن "جون سانتيني"John Santini رئيس شركة "مايكروتشيبز"، يتوقع أن تستخدم هذه التقنية كأطباء مقيمين في الجسم في غضون السنوات القليلة المقبلة، ويضيف قائلاً أن الخطوة القادمة هي إنتاج مجس بيولوجي بتحكم لاسلكي، يمكنه أن يكشف ويعالج الحالات الخطرة، ثم إنتاج مجس بيولوجي يقوم بدور العضو الصناعي الذي يمكنه أن يستشعر الحالة المرضية ويستجيب لها آلياً، دون تدخل من المستخدم، وسوف تقوم الرقاقة الحيوية Biochip المزروعة في جسم الإنسان بتحديد مكان وجوده والتعرف على بياناته الطبية الخاصة، لأنها سوف تحتوي على أجهزة خاصة بالاستشعار الحيوي كي تقوم بقياس درجة حرارة الجسم وضغط الدم ونسبة السكر وغير ذلك، وسوف يقوم هوائي متصل بالرقاقة الحيوية المزروعة بتسجيل تلك البيانات وإرسالها إلى محطات إستقبال أرضية مجهزة للاتصال بالأقمار الصناعية تقوم بتوصيلها إلى الأطباء، كما سيكون لتقنية النانو دور كبير في تطوير مستشعرات بيولوجية تساعد في التنبؤ والكشف عن المخاطر البيولوجية، فعلى سبيل المثال تمكن باحثون في "مركز أبحاث أميس" Ames Research Center التابع لوكالة الفضاء الأميركية (ناسا) وباستخدام تقنية النانو من تطوير مجس (مستشعر) بيولوجي Biosensorيساعد في الكشف عن المخاطر البيولوجية Biohazards، وبخاصة البكتيريا والفيروسات والطفيليات، وقد استخدم في صناعته أنابيب كربون نانوية عالية الحساسية ultra-sensetive carbon nanotubes[73]، (أنظر الشكل 23).



شكل (23): مجس (مستشعر) بيولوجي، تم تطويره باستخدام تقنية النانوتكنولوجي في "مركز أبحاث أميس" التابع لوكالة الفضاء الأميركية "ناسا" (www.nasa.gov/centers/ames)

تطبيقات النانوتكنولوجي في المجالات العسكرية:

يرى العديد من القادة والخبراء العسكريون أن النانوتكنولوجي سيكون لها تطبيقات واعدة في المجالات العسكرية، مثل تطوير أزياء ومعدات وأسلحة عسكرية غير تقليدية، أو في مجال التجسس. يقول الأدميرال "ديفيد جيرمايا" Admiral David Jeremiah نائب الرئيس السابق لهيئة أركان الحرب الأميركية في ورقة بحثية بعنوان "النانوتكنولوجي والأمن العالمي" Nanotechnology and Global Security في مؤتمر عن النانوتكنولوجي نظمه "معهد استشراف النانوتكنولوجي" Foresight Nanotech Institute في الولايات المتحدة، في 9 تشرين الثاني/نوفمبر 2005، ان للتطبيقات العسكرية للنانوتكنولوجي إمكانات أكبر من الأسلحة النووية في تغيير ميزان القوى جذرياً، حيث يمكن

إلتهام قوة معادية في ساعات قليلة بجيوش غير مرئية من أجهزة الروبوتات التي تستطيع أن تنسخ نفسها وتتكاثر(74).

وفي تقرير نشرته صحيفة "يديعوت أحرونوت" Yedioth Ahronoth الإسرائيلية في تشرين الثاني/نوفمبر 2006، ذكرت أن رئيس الوزراء الأسرائيلي المستقيل "ايهود أولمرت" قد أعطى الضوء الأخضر لإنشاء مكتب خاص لتطوير ترسانة من الأسلحة تعتمد على النانوتكنولوجي Nanotechnology Arsenal، وقالت الصحيفة إنه تم الإيعاز لنائب رئيس الوزراء "شيمون بيريز" باختيار 15من كبار المفكرين للتركيز على تطوير أسلحة مستقبلية متطورة، وسيتم اختيار الخبراء من المؤسسة الأمنية ومن عالم التكنولوجيا المتطورة والحقل الأكاديمي، وذكرت الصحيفة أن "بيريز "قال: لقد أثبتت حرب لبنان أننا بحاجة إلى وسائل قتالية صغيرة جداً، فمن غير المعقول أن نرسل طائرة تصل تكلفتها إلى أكثر من 100مليون دولار لملاحقة مقاتل انتحاري واحد، لهذا فتكنولوجيا النانو ستتيح لنا بناء أسلحة مستقبلية.

ويذكر "بيريز" دائماً بأهمية الاستفادة من هذه التكنولوجيا الحديثة واستغلالها للأغراض العسكرية، ويقول بأن النانوتكنولوجي تعتبر مفتاح للدفاع عن إسرائيل في الصراعات العسكرية المستقبلية(75).

كما أن الرئيس الروسي السابق "فلاديمير بوتين" Vladimir Putin قد صرح في اجتماع عقده في "معهد كورتشاتوف للبحوث النووية" Kurchatov Nuclear Research Institute.بموسكو في 18 نيسان/ أبريل 2007، أن النانوتكنولوجي ستستخدم كأساس عند تصميم وتصنيع أنظمة جديدة من الأسلحة والتقنيات العسكرية الحديثة، حيث ستكون عاملاً أساسياً محورياً عند تصميم وتصنيع أنظمة حديثة وفعالة لأعلى مستوى من الأسلحة الهجومية والدفاعية على حد سواء(76).

ففي مؤتمر حول "التسليح المستقبلي" Future Weaponry عقده "معهد الخدمات الملكية المتحدة للدراسات الدفاعية" Royal United Services Institute for Defence Studies و"صحيفة الجارديان البريطانية" في 19 أيار/مايو 2003، جاء فيه أن تقنية النانوتكنولوجي بإمكانها تصنيع عائلات جديدة من الأسلحة المجهرية الفتاكة، مثل طائرات مجهرية باستطاعتها أن تطير بقوة مستشعراتها الخاصة، وتحمل عدة قذائف مجهرية قاتلة، بالإضافة إلى ألغام ذكية نطاطة بمقدورها أن تمطر أهدافاً مختارة بالعديد من القنيبلات الموجهة[77].

لهذا تقوم الآن العديد من الدول المتقدمة بمشاريع عسكرية عديدة تدخل فيها تكنولوجيا النانو، على اعتبار أن هذه التكنولوجيا ستوفر وسائل قتالية غير تقليدية حديثة تفوق الخيال العلمي، وستمكن من الرد على مختلف التهديدات والأسلحة. ففي الولايات المتحدة، يقوم الجيش الأميركي ولمساعدة الجنود على البقاء، بتطوير جيل جديد من الأزياء القتالية باستخدام ألياف دقيقة معدلة تسمح بدخول الهواء وتمنع دخول الغازات السامة من الأسلحة الكيماوية والبيولوجية، ويعتبر هذا الزي الواقي من أولى استخدامات النانوتكنولوجي في مجال الأزياء وتصنيع الملابس العسكرية. كما يأمل الجيش الأميركي إنتاج زياً ذكياً يحتوى على أنسجة معدلة ومجسات مزروعة وكومبيوترات صغيرة، تمكن الزي من ردع الرصاص ومراقبة الجسم، كما سيكون بإمكان هذا الزي تغيير لونه الخارجي إلى أشكال متنوعة بهدف التمويه والتخفي. ومن خلال تغيير خواص المواد ستتمكن تكنولوجيا النانو من جعل خوذة الجندي أخف وزناً بمقدار 40-60بالمئة من وزنها الحالي، أو صناعة نسيج للخيم قادر على إصلاح نفسه عندما يتمزق، فالملابس العسكرية القادمة ستحمي الجنود من خطر المواد الكيماوية القاتلة، حيث ستسمح

لـــرتديها بالتنفس من خلالها، كما ستكون أخف وزناً بمقدار 20 بالمئة من وزن الرداء القياسي داخل المعركة. يقول الباحث "توم تاسيناري" Tom Tassinari مـــن المركز الأميركي لنظم الجنود Army Soldier System Center في ناتيك Natick في ماساتشوستس، أن المركز نجح في إنـــتاج زي حربـــــي مـــن الألـــياف الذكية يحتوي على مجسات للاســـتشعار وأجهزة كمبيوتر بالغة الصغر يحمي الجندي من الغازات السامة[78].

كما تمكن باحثون بقيادة الباحث "راي باومان" Ray Baughman من جامعة تكساس - دالاس الأميركية، باستخدام النانوتكنولوجي في تطويـــر ألياف أقوى من الفولاذ أو حرير العنكبوت، تمتلك خصائص إلكترونية يمكنها تحويل الملابس الرثة إلى ملابس راقية، وقد مول أغلب نفقـــات الـــبحث وكالة مشاريع أبحاث الدفاع المتقدمة (داربا) التابعة لـــوزارة الـــدفاع الأميركية. وقال "باومان" إن الخصائص الإلكترونية للألـــياف تـــسمح لها بالعمل كبطاريات ومجسات للاستشعار داخل الملابـــس، وبـــدلاً من حمل بطاريات ثقيلة للكومبيوترات العسكرية، ســـوف يـــتمكن الجـــنود يوماً ما من الاستفادة من الطاقة المتوفرة في الملابـــس التي تصنع منها هذه الألياف، كما سيتمكنون بواسطتها من الاتصال من مواقع ميدان القتال بمراكز قيادتهم، وقال "بومان" أيضاً بأنه بيـــنما أظهر طول هذه الألياف ميزة كبيرة، فقد دهشنا لمدى صلابتها. وتحزم داخل الألياف أنابيب كربونية نانوية متينة، وهي أسطوانات من ذرات الكـــربون سمكهـــا نانومتـــر واحد. وقال الباحثون إنهم رزموا الأنابـــيب النانوية داخل الألياف، وتمكنوا من مدها إلى طول يصل إلى أكثر من300 قدم (حوالى 90 متراً)، وقد أظهرت الألياف متانة حرير العنكـــبوت وصـــلابة أعلى ثلاث مرات، مقارنة بصلابة صد الحرير

للصدمات، وبهذا أصبحت الألياف أقوى 17 مرة من مادة الكيفلار Kevlar التي يستخدم نسيجها في صنع سترات المحاربين. وقد اعتمد فريق البحث على عملية من مرحلتين لإنتاج الألياف، تمثلت المرحلة الأولى في تركيب ملايين من الأنابيب النانوية مع مواد بلاستيكية للحصول على مادة غروية، وفي المرحلة الثانية تم تدوير الغراء وتجفيفه وتحويله إلى ألياف يمكن حياكتها داخل الملابس[79].

كما تمكن فريق بحثي صيني من صنع صدريات مضادة للرصاص من الأنابيب النانوية، حيث قال الباحث كايلي جيانغ Kaili Jiang من مركز أبحاث النانوتكنولوجي في جامعة "تسنغ هوا" Tsinghua University في بكين، إنهم تمكنوا من إنتاج أنابيب كربونية سمكها 1 نانومتر، ونسجها في خيوط يبلغ طول الواحد منها نحو 30 سنتيمتراً، وسمكه 0.2 مليمتر، ثم ثبتوا هذه الخيوط على أرضية من الرقائق السيليكونية، ثم جدلوا منها حزماً أكثر سمكاً، ودون الحاجة لمواد رابطة أو لاصقة، ونجحوا بعد ذلك في تنمية الحزم على رقائق سيليكونية وبأطوال مختلفة، وتمتازهذه الخيوط بقوة كبيرة جداً، كما أنها خفيفة الوزن ومقاومة للحرارة العالية. وأضاف الباحث الصيني، أنه من الممكن تنمية خيوط يرتفع طولها إلى أمتار من رقيقة سيليكونية مساحتها واحد سنتيمتر مربع، وتعتمد إمكانية نسج هذه الخيوط والحزم على دقة الأداة المستخدمة في النسج وعلى سمك الخيوط نفسها، وهذا يعني أنه كلما زاد رأس آلة النسيج دقة، زاد النسيج جودة ومتانة ومناعة. وللتأكد من قدرة هذه الأنابيب الكربونية على توصيل الكهرباء، لجأ الباحثون إلى مدها بين قطبين كهربائيين معدنيين يشبهان السلك المضئ في المصابيح الكهربية، مما أدّى إلى اشتعال حزمة الأنابيب بفعل الكهربائية، وقد استمرت ترسل الضوء لفترة 3 ساعات، ومع اشتعال حزمة الأنابيب

بالــضوء ارتفعــت قابليــتها لتوصــيل الكهرباء بنسبة 13بالمئة، كما تضاعفت صلابة الأنابيب 6 مرات بفضل الكهرباء[80].

كمــا يقوم باحثون أميركيون في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا الأميركي الشهير (MIT)، ببرنامج علمي يستخدم النانوتكنولوجي لتطوير معدات حديثة عالية التكنولوجيا، تجعل الجنود غير مرئيين جزئياً، ويقفزون فــوق الجدران لستة أمتار، ويعالجون جروحهم في ميادين القتال.فقد فاز المعهــد بعقــد مدتــه خمس سنوات، وبقيمة 50مليون دولار مع الجيش الأميركــي لتطوير جندي المستقبل، من خلال إنشاء مركز لتطوير معدات قتال باستخدام مواد بحجم الذرة، يسمّى "معهد النانوتكنولوجي للجنود" MIT's Institute for Soldier Nanotechnology (ISN)، والــذي تم تأسيــسة عام 2002. يقول المسئولون بالمعهد أهم يأملون في تصميم زي عسكري فريد من نوعه، فمن الأفكار المطروحة تطوير زي خفيف تــتغير ألــوانه للتموية camouflage مثل الحرباء، حيث تقوم أجهزة لاقطة بإصدار تعليمات إلى الأنسجة بتوليد التمويه المثالي عبر تغيير لونها لتتلاءم والبيئة التي ترصدها من حولها، وتطوير زي يشبه الدرع، يصبح صــلباً في أمــاكن إصابات العظم، كما يستشعر المواد البيولوجية أو الكيماوية القاتلة وتمكين الجنود من مواجهة جميع التهديدات المحتملة في المعــارك المــستقبلية ســواء أكانت طلقات رصاص عادية أو أسلحة بيولوجية أو كيماوية switchable nanopores، وذلك عن طريق العمل علــى إنتاج عضلات خارجية مزروعة داخل الزي العسكري لتعطي الجندي قوة خارقة، ومن شأن هذه العضلات أن تعمل بتناسق كلي مع العــضلات الطبيعــية للجندي لتعزيز قوته البدنية وقوة إحتماله. فمن خلال النانوتكنولوجي سيتم تحويل بدلات المستقبل العسكرية إلى سترة واقية من الرصاص energy-absorbing material، أو تحويل السروال

إلى رباط صلب في حالة الإصابة، أو تحويل كم البدلة إلى سلاح حقيقي يسمح بتسديد ضربات كاراتيه، كما ستزود البدلة بأجهزة رصد لإنذار الجندي وكذلك رؤساءه بوجود غازات أو مواد بيولوجية قاتلة، كما ستقوم البدلة بدهن جروح الجندي بالأدوية، فعلى سبيل المثال عند اصابة الجندي بكسر في ساقه، فإن هناك سائل سيتدفق داخل نسيج الزي العسكري ويتجمد ليكون مايشبه الشريحة لتثبيت الكسر، كما يحتوي الزي العسكري على أجهزة منشطة ومستشعرات يمكن أن تفرز عقاقير مثل المسكنات، أو تبعث برسائل إلى زملاء الجندي لإبلاغهم بإصابته، كما أن بدلة المستقبل العسكرية تحتوي على العديد من الأجهزة الإلكترونية التي تقوم برصد موقع الجندي بشكل مباشر ومتواصل، وبالتقاط معلومات تبث اليه، وإرسال إشارات توضح حالة الجندي البدنية والنفسية وقدرته على الاستمرار في المعركة، كما ستقوم البدلة من خلال أجهزة لاقطة باصدار تعليمات إلى الأنسجة لتوليد التمويه المثالي عبر تغيير لونها لتتلاءم مع البيئة التي ترصدها من حولها. كما سيكون حذاء الجندي الأميركي المستقبلي مجهزاً بأليات خاصة لتخزين الطاقة واطلاقها، حيث سيسمح الحذاء للجندي بالقفز فوق جدران يبلغ ارتفاعها أكثر من ستة أمتار ولو لمرة واحدة، إلى أن يختزنوا طاقة كافية لتكرار هذه الخطوة مرة أخرى، فضلاً عن أن الزي ذاته يشكل مانعاً كبيراً لنمو وانتشار البكتيريا المسببة للأمراض، أو نفاذ المياه إلى الجسم في حالة خوض غمار الأنهار. كما يعمل معهد النانوتكنولوجي للجنود على أبحاث الهدف منها خفض حمولة الجندي الحالية وهي 60 كيلوغراماً، لتصل إلى 20 كيلوغراماً، كما يفكر المصممون في إضافة ميزات أخرى إلى الزي العسكري مثل بعض الأنسجة التي تعزز عمل العضلات وقوتها بحيث تمكن الجندي من حمل

أو نقل أثقال كبيرة من دون جهد كبير muscle-suit، وأبحاث أخرى لتقطير العرق من جسم الجندي وتحويله إلى مياه لتوفير كميه المياه التي يحملــها الجــندي معـــه، وهي وسيلة ابتكرها كاتب الخيال العلمي الأميركـــي فرانك هيربرت (1920-1986) Frank Herbert في روايته الشهيرة ديون Duneعام 1965.

يقول العالم "نيد توماس" Ned Thomas مدير معهد النانوتكنولوجي للجـــنود، إن أجهزة الاستشعار داخل الزي العسكري ستقوم بالتحري عـــن بريق انطلاق رصاصة بندقية أو صوت إنفجار، لتتصلب في جزء صغير جداً من الثانية، لكي لا تجعلها تخترق جسد الجندي، ويسمّى هذا الـــنظام بـــ "الوسادة الهوائية الخاصة بالجنود" Airbag for Soldiers، ويعمل هذا النظام عن طريق سائل خاص يتغلغل داخل أقنية من النسيج الـــتي تحـــتوي على مغناطيسات نانوية دقيقة جداً تشغل بواسطة مجال مغناطيـــسي، ومن شأن هذا النظام أن يعمل كلجام ضد النـــزيف في حالة إصابة الجندي.

ولتحقيق ذلك يقوم علماء المعهد بدراسة صلابة العديد من الأنسجة والألـــياف مـــن المواد الطبيعية مثل قرن الوعل أو هيكل الأرماديلو المدرع الخارجـــي أو حافر الخيل. فعلى سبيل المثال يقوم الباحثان "لورين فريك وبـــنجامين بروت"Lauren Frick & Benjamin Bruet، من معهد ماساشوسيتس للتكنولوجيا بدراسة قوة تحمل الصدف، كما يقوم العالم "يـــول فينك"Yoel Fink من المعهد نفسه بدراسة نسيج خيط بوليمر Polymer في زي الجـــندي، يعكس أو يمتص بشكل انتقائي موجات ضوئية مختلفة، وبالتالي يمكن للجنود الذين يستخدمون المناظير الليلية أن يفـــرقوا بـــين حلفائهم وأعدائهم في أثناء المعارك الليلية. كما ستمكن النانوتكنولوجي من جعل خوذة الجندي أخف وزناً بمقدار 40 إلى 60

بالمـــئة من وزنها الحالي، أو صناعة نسيج للخيم قادر على إصلاح نفسه عـــندما يتمـــزق، ومثل هذه الميزات الكثيرة المجموعة في وحدة خاصة تـــستغني عن التجهيزات الإضافية الثقيلة التي يحملها الجندي معه والتي تـــصل إلى 60 كيلوغراماً، حيث يمكن خفض حمولة الجندي لتصل إلى 20 كيلوغـــراماً، وبالـــتالي يـــصبح الجندي قادراً على التحرك بسرعة ولمسافات طويلة من دون تعب أو إجهاد[81].

كمـــا تقـــوم حالياً إسرائيل بالعمل على تطوير أسلحة مستقبلية مـــتطورة باســـتخدام النانوتكنولوجي، فقد ذكرت صحيفة "يديعوت أحـــرونوت" الإســـرائيلية أن نائب رئيس الوزراء الإسرائيلي "شيمون بيريز"، ألمح في محاضرات عامة إلى عدد صغير من المشاريع السرية مثل: مـــشروع "لآلئ الحكمة" Pearls of Wisdom وهي مجسات متناهية الـــصغر يمكـــن نشرها في مناطق العدو، ومشروع آخر يسمّى "دبور الذكاء" Intelligence Wasp وهو طائرة صغيرة دون طيار يمكن وضعها في الأزقة الضيقة لتشويش الاتصالات والتقاط صور تجسسية وحتى قتل المـــسلحين، أما المشروع الثالث حسب الصحيفة فهو تطوير "مجسات ضد الانتحاريين" Anti-suicide Bomber Sensors، يمكن وضعها في الأماكن العامة، بحيث يكون بإمكانها تحديد المفجر الانتحاري عن بعد عن طرق رصد رائحة المواد المتفجرة والحرارة والوزن[82].

تطبيقات النانوتكنولوجي في الفضاء:

يـــتوقع العلماء أن يكون للنانوتكنولوجي استخدامات عديدة في مجـــال الفـــضاء، إذ يـــتوقع العلمـــاء استخدام آلات مجهرية في مجال استكـــشاف الفضاء، خاصة على متن الأقمار الصناعية وسفن الفضاء غير المأهولة، إذ إن الآلات المجهرية تستجيب عادة لتغيرات البيئة المحيطة

بشكل أسرع، كما يفكر الباحثون في إمكانية التوصل إلى تصنيع روبوتات استكشاف مجهرية توضع داخل سفينة فضاء للذهاب لكواكب بعيدة، حيث تقوم الروبوتات بالتجول على سطحها لتجميع وتحليل عينات التربة والغازات. ومن المتوقع أيضاً أن تصبح الآلات المجهرية متناهية الصغر قادرة أيضاً على استخدام الطاقة الشمسية وتحويلها إلى طاقة كهربائية، مما سيسهم في توفير الوقود الرخيص لمركبات الفضاء، وبالتالي التقليل من تكاليف السفر إلى الفضاء[83].

كما أن وكالة الفضاء الأميركية (ناسا)NASA تقوم حالياً بجدية في تصميم "مصعد فضائي" Space Elevator يصل الأرض بالفضاء الخارجي، وهو عبارة عن كابل يمتد في الفضاء بحيث يمكن للمركبات ذات القوة الكهربائية أن تسافر عليه، حيث سيستخدم المصعد الفضائي مصاعد كهربائية تتحرك على الكابل لوضع صواريخ ومحطات فضائية ومعدات في مدار الأرض. ويقول مهندسي (ناسا) بأن" أنابيب الكربون النانوية"(النانوتيوب) هي المادة التي ستدخل في صناعة هذا الكابل، لأن إمكانياتها هائلة، فهي مواد بالغة القوة، كما أنها أرفع من شعرة الإنسان بـ 50 ألف مرة. حيث ستتيح هذه الأنابيب للمهندسين بناء مصاعد فضائية والتحرك بسرعة في الفضاء، كما سيمكن بواسطتها خفض كلفة نقل المعدات عبر المصاعد وتخفيف وزن الأقمار التي تعمل بالطاقة الشمسية ومحطات الفضاء.

ففي تشرين الأول/أكتوبر2008، أعلن علماء يابانيون وأميركيون، أن ابتكار "مصعد فضائي" يمكن استخدامه لزيارة الفضاء بات أمرا محتملا.

ونقلت شبكة "سي أن أن" CNN الأميركية عن البروفيسور "جيف هوفمان"Jeff Hoffman من معهد ماساشوستس لتكنولوجيا

الفـــضاء أن العلماء يعملون على ابتكار آلة شبيهة بالمصعد يمكنها نقل الـــناس إلى الفـــضاء. وأضاف هوفمان "نحن قاب قوسين أو أدنى من الحـــصول علـــى مواد تعمل بقوة تمتد لـــ30 ألف كيلومتر، لكن ليس لدينا القدرة على صنع أسلاك طويلة من الكربون والنانو حاليا"، مضيفاً أنـــه "رغم ذلك فإن تحقيق ذلك ممكن ولو استغرق بعض الوقت". أما المـــتحدث باســـم "جمعية المصعد الفضائي" الياباني "أكيرا تسوشيدا" Akira Tsuchida فقد علق للـــ"سي أن أن" قائلا "الأرجح أن المواد الـــضرورية للابتكار المستقبلي لن تكون جاهزة قبل الفترة الممتدة بين عامي 2020 و2030". وأضاف "لدينا حاليا سلك كربوني يعمل بطاقة الـــنانو وهو يتمتع بثلث أو ربع القوة المطلوبة لتصنيع المصعد الفضائي، ونتوقع أن يكون السلك القوي المناسب موجوداً[84]".

يقـــول الباحث "ميا ميابان" Meyya Meyyappan مدير "مركز تقنية النانو" في مركز أميس للأبحاث التابع لناسا Center for Nanotechnology at the NASA Ames Research Center: لقد تحقق تقدم مؤكد في مجـــال اســـتخدام النانوتكنولوجي في الفضاء ومهمات الاستكشاف، بالمقارنـــة بالأبحاث الرئيسية التي كانت تجرى قبل خمسة أو ستة أعوام، لقـــد بـــدأنا التوصـــل إلى بعـــض الإستنباطات، فقد تم تصنيع مجس (مستشعر) كيميائي محكم compact chemical sensor باستخدام أنابـــيب الكربون النانوية، ومثل هذا الجهاز مثالي للاستخدام في مهام "ناســـا" المتعلقة بكيمياء الفضاء Cosmochemistry، كما تم تصميم جهـــاز لقياس الموجات X-ray defraction spectrometer باستخدام تقنية النانو، وهو جهاز أداؤه أعلى بكثير من الأجهزة التجارية المتوفرة، حيث يستخدم طاقة أقل، كما أنه اخف وأصغر حجماً، ويمكن وضعه في كـــف اليد، وسيكون معداً للاستخدام في بعثات الفضاء بين عامي

2009 و2010. وأضاف "ميابان" أن على "ناسا" أن تنظر نظرة بعيدة المدى فيما يتعلق بقدرات النانوتكنولوجي التي يمكن أن تكون فعالة في القمر والمريخ والخطط الخاصة بفترة تتراوح ما بين 10 إلى 15سنة.

وكان "ميابان" قد قاد ورشة "التحدي العظيم لمبادرة النانوتكنولوجي" The National Nanotechnology Initiative Grand Challenge Workshop في بالـــو ألـــتو بكاليفورنيا في عام 2004، وقد جمعت هذه المبادرة التي تمت تحت رعاية "ناسا" خبراء في 6مجالات، من المرجح أن تلعب فيها النانوتكنولوجي دوراً في جهود الفضاء وهي:

- مواد النانو Nanomaterials: وهي مواد خفيفة مكونة من أنابيب كـــربون نانوية، يمكن أن تحدث ثورة في تصميم السيارات بسبب قوتها وقدرتها على توصيل الكهرباء والحرارة.
- النانو روبوت Nanorobotics: ستؤدِّي المرحلة المقبلة في عمليات التصغير إلى تصنيع محركات أو روبوتات ميكروسكوبية للمساعدة في دراسة الخلايا والنظم البيولوجية، بالإضافة إلى الألياف.
- عـــربات ميكرو Microcraft: وهي عربات متناهية الصغر ذات كفـــاءة عالـــية، يمكن تطويرها لأبحاث الفضاء البعيد، والمدارات والمناخ أو لاستكشاف الأسطح المتحركة.
- مجـــسات (مستشعرات) نانوية Nanosensors: وهي مجسات متناهية الصغر ولاسلكية وسريعة وعالية الحساسية، يمكن وضعها مع المجسات الإلكتـــرونية والكيميائـــية أو البصرية لاستخدامها في المهام العلمية، وبخاصة في التحليل الفوري والعمليات الجراحية باستخدام الروبوتات.
- ادماج تقنية النانو Nano-micro-macro Integration: يمكن دمـــج تقنـــية النانو في أنظمة وشبكات بشرية مثل أجهزة الرعاية الطبية وشبكات المراقبة البيئية.

- إدارة الأوضــاع الــصحية لرواد الفضاء Astronaut health management: يمكــن لرواد الفضاء في رحلات طويلة استخدام تقنــية النانو لمواجهة الأوضاع المناخية ذات الإشعاعات المرتفعة، وتــصنيع أجهزة رقابة طبية ومعدات للعلاج، والمساعدة في خفض أو الــتغلب علــى الــضغوط والتوتر الناشئ عن رحلات الفضاء الطويلة. ويمكن تحقيق ذلك من خلال طريقتين: الأولى، هي تصنيع مــواد نانــوية يمكــن استخدامها في التغلب على إختراق الأشعة الكونــية لمــركبات الفضاء، والطريقة الأخرى هي مجسات نانوية لتحديد مستويات الأشعة[85].

تطبيقات النانوتكنولوجي في البيئة:

يمكن للنانوتكنولوجي أن تستخدم في إزالة التلوث البيئي، حيث يمكــن لــلآلات المجهــرية ازالة الكيماويات السامة الكثيرة من مياه الــصرف، بــل وقــد تتمكن من استخلاص بعض النظائر المشعة من تصريف المفاعلات النووية، ومن ثم تحل مشكلة التخلص من النفايات النووية، كما سيتم باستخدام روبوتات مجهرية تنقية المياه من الملوثات. كما أن الآلات المجهرية سوف تساهم مستقبلاً في التخلص من مشكلة ارتفــاع غــاز ثــاني أوكسيد الكربون في الجو نتيجة احتراق الوقود التقلــيدي كالفحم والنفط، والتي تزيد من سخونة الأرض ويطلق عليها "تأثير البيت الزجاجي" Green House Effect، حيث سيمكن للآلات المجهرية التي تعمل بالطاقة الشمسية أن تعكس عملية تزايد غاز ثــاني أوكسيد الكربون، وفي خلال عدة سنوات من العمل، يمكنها أن تحــول جميع كمية غاز ثاني أوكسيد الكربون إلى كربون وأوكسجين مرة أخرى[86].

فعلـــى ســـبيل المـــثال يقوم حالياً فريق بحثي أميركي في مركز النانوتكنولوجيا البيولوجية والبيئية بجامعة رايس بتكساس، بالعديد من الأبحاث بهدف استخدام النانوتكنولوجي في حماية البيئة مثل أنظمة تنقية المياه، أو إزالة العناصر الخطيرة من النفايات الصناعية، ففي اجتماع الجمعـــية الفيزيائية الأميركية في أوستن، تكساس عام 2003، أكد العالم "كيفين أوسمان" Kevin Ausman، مدير المركز ورئيس الفريق البحثي، على أن النانوتكنولوجي توفر فرصة لتطوير طرق عمل كفيلة بحمايـــة البيـــئة، حـــيث ستعمل على تغيير طرق أساليب التعامل مع المـــشكلات البيئية، وذلك باستباق المشكلة قبل حدوثها. فمثلاً يعمل الفريق البحثي بالمركز على الجزيئات الدقيقة لمادة ثاني أوكسيد التيتانيوم Titanium Dioxide المستخدمة على نطاق واسع من البطاريات الذاتية الـــشحن إلى الواجهات الواقية من أشعة الشمس، والتي تمتص وتحتجز معادن ثقيلة ملوثة مثل الكادميوم، كما يعمل فريق الباحثين على معرفة مـــا إذا كان انتشار مثل هذه الجزيئات الدقيقة سيزيد من سمية وحركة ملوثات أخرى في البيئة[87].

الفصل الخامس

النانوتكنولوجي: مخاطر ومخاوف

رغم الفوائد العلمية الجمة للنانوتكنولوجي، إلا أن معارضيها يخشون من تحولها لسلاح مدمر، فبينما تتنافس العديد من الدول لإستغلال النانوتكنولوجي في العديد من مجالات الحياة، يتخوف بعض العلماء والخبراء وواضعي السياسات العلمية، من أن التعمق كثيراً في النانوتكنولوجي قد يعرض مستقبل الحضارة البشرية للخطر، وبخاصة مع سيطرة الآلات الدقيقة على مقدرات الكون، كما يرى بعض العلماء أن التأكد من مخاطر أو سلامة النانوتكنولوجي البيئية والصحية قد يستغرق عدة سنوات. ولقد بدأت الحكومات ومؤسسات الأعمال تضخ مليارات الدولارات في الأبحاث الهادفة لتحديد الآثار الصحية والبيئية المحتملة للنانوتكنولوجي، ولكن يقول العلماء أن مايتم إنفاقه لا يكفي للتأكد مما إذا كانت مواد النانو تشكل خطراً على البيئة وصحة البشر(1).

وتعد رواية "الفريسة"Prey لكاتب الخيال العلمي الأميركي "مايكل كرايتون" Michael Crichton، والصادرة عام 2002، خير مثال للحديث عن المخاوف والأخطار التي يمكن أن تنجم عن سوء استغلال النانوتكنولوجي، حيث ترسم الرواية سيناريو يوم حشر doomsday scenario، تتحدث فيه عن حشود خطرة من روبوتات

نانــوية متناهية الصغر swarm of nanomachines ذاتية الاستنساخ، تــتمكن من الإفلات من المختبرات وتهدد البشرية، وتحول كل شئ في طريقها إلى مادة لزجة تسمّى "جوو الرمادي" Grey Goo[2].

كمــا أن عــالم الفيزياء الأميركي ومؤسس علم النانوتكنولوجي "إريــك دريكسلر"، قد تحدث في كتابه "محركات الخلق أو التكوين" عــام 1986، عــن هذا "الجو الرمادي"، حيث ذكر أنه عبارة عن آلة مــتقدمة تكنولوجياً دقيقة الحجم، تستطيع استنساخ نفسها كما تفعل الكائنات الحية الدقيقة، كما تصور أن هذه الآلات الدقيقة ستتحول إلى جحافــل من التجمعات الآلية الصغيرة تقتلع أي شئ في طريقها وتبيد كل أشكال الحياة على وجه الأرض[3].

ويذكر أيضاً أن العالم الأميركي "بيل جوي" Bill Joy خبير البرمجيات وواضع برنامج جافا للبرمجة، وأحد مؤسسي شركة صن مايكروسيستمز لصناعة البرمجيات، وأحد مديري لجنة دراسات مستقبل التكنولوجيا في أميركا، قد حذر في مقالته الرائدة بعنوان "لماذا لا يحتاج إلينا المستقبل؟" Why the future doesn't need us? في مجلــة "وايرد" Wired الأميركــية الشهيرة عام 2000، من مخاطر النانوتكنولوجي، حيث قال بــأن الأجهزة الميكانيكية متناهية الصغر التي لا تتعدى أحجامها الذرة الــواحدة والتي سيمكن صنعها بفضل النانوتكنولوجي، قد تتحول إلى آفات ميكانيكية مدمرة تستنسخ نفسها بنفسها ولا يمكن إيقافها، كما أن "جوي" يبدي قلقه بشأن إمكانية استخدام الإرهابيين لأعداد كبيرة مــن الكائنات المجهرية غير الخاضعة للسيطرة وذاتية الاستنساخ، لقتل الأفراد بشكل انتقائي تميزة صفات وراثية أو منطقة جغرافية معينة[4].

ويخشى المعارضين للنانوتكنولوجي وخصوصاً الأمير"تشارلز" أمير ويلــز Prince Charles، أن تؤدّي هذه التكنولوجيا الحديثة إلى تطوير

أسلحة دمار شامل، أو تطوير روبوتات نانوية متناهية الصغر لديها القدرة على استنساخ نفسها، أو تصنيع كائنات شديدة الدقة لديها القدرة على استنساخ نفسها، والتي قد تخرج عن نطاق السيطرة البشرية مؤدِّية إلى عواقب وخيمة، فقد تدمر العالم وتحيله إلى "مادة لزجة"[5]. حيث يقول العلماء إن أجهزة التناسخ الذاتي قد تكون أكثر قوة وفاعلية من القنابل الذرية، فاجتياح الأرض بالقنابل يتطلب كماً هائلاً من المعدات والمزيد من النظائر الإشعاعية النادرة Rare Isotopes، بينما يمكن تدمير الحياة على الأرض بواسطة أجهزة التناسخ الذاتي باستخدام القليل من مكونات اعتيادية. يقول عالم الفلك البريطاني السير "مارتن ريس" Martin Rees في كتابه "ساعتنا الأخيرة"Our Final Hour عام 2003، إن العلم يتقدم بدرجة لا يمكن التنبؤ بها وفي نطاق أخطر من أي وقت مضى، ويعدد الأخطار الكبرى التي تهدد الجنس البشري.. إرهاب نووي، وفيروسات معدلة وراثياً، وانفلات أجهزة من صنع الإنسان، وهندسة وراثية تغير طبيعة البشر، كما أن آلات متناهية الصغر مصنوعة بتقنية النانوتكنولوجي يمكن أن تعيث فساداً وتقضي على قارة بأكملها في غضون بضعة أيام، وكل هذا قد ينجم عن خطأ أو بتدبير من أشرار[6].

في تقرير مكون من 200 صفحة باسم "قضية الحجم" A Matter of Size، نشره "مجلس البحوث القومي الأميركي" The National Research Council في أيلول/سبتمبر2006، جاء فيه أن هناك بعض الأدلة التي تشير إلى أن "جسيمات النانو المعالجة هندسياً" engineered nanoparticles، والتي هي أصغر بكثير عما هي عليه في الوضع العادي، لها تأثيرات على صحة الحيوانات المختبرية، كما أنها قابلة للدخول إلى الخلايا البشرية وتثير ردود فعل كيميائية في التربة وتتدخل

في العمليات البيولوجية والبيئية، ومن باب الإحتراس تبني بعض الإجراءات الإحترازية لحماية سلامة وصحة العاملين والجمهور والبيئة. وجاء في التقرير أيضاً أن الولايات المتحدة لا تعطي اهتماماً كافياً للمخاطر البيئية والصحية وسلامة الحياة التي بدأت تفرزها المنتجات ذات الأحجام الصغيرة، وعبر التقرير عن قلقه حول غياب التركيز على مستوى فيدرالي على الصحة والسلامة فيما يتعلق بالنانوتكنولوجي.

، وحذر التقرير من أنه إذا لم يتم ملء الفراغات ضمن المعرفة المتعلقة بالنانوتكنولوجي، فإن كل هذا المجال يمكنه أن يتبخر نتيجة عدم ثقة الجمهور به[7].

يقول "آندرو ماينارد" Andrew Maynard كبير المستشارين العلميين لمشروع النانوتكنولوجي الناشئة Project on Emerging Nanotechnology التابع لمركز وودرو ويلسون الدولي للباحثين، أن التكنولوجيا متناهية الصغر تعمل أيضاً على زعزعة إدراكنا لما قد يشكل ضرراً بالنسبة إلينا. فعلى مقياس متناهي الصغَر (حوالى واحد من خمسين ألف من سمك شعرة الإنسان) تتصرف المادة بأساليب غير عادية: فتصبح المواد الضعيفة قوية، وتنشط المواد الخاملة، وتتحول المواد غير الخطيرة إلى مواد خطيرة. وبنفس الطريقة التي يمكن بها تحويل الحديد إلى منتجات متنوعة كمقلاة طعام أو سيف مثلاً، فإن مدى نفع أو ضرر التكنولوجيا متناهية الصغَر يتوقف على الكيفية التي يتم بها تحويلها إلى صناعة على مقياس متناهي الصغَر. ونتيجة لهذا فلم يعد بوسعنا أن نعتمد على الأساليب التقليدية في إدارة المخاطر اعتماداً على تقديرنا للمواد الخام فحسب، ومع استمرار أعداد المنتجات التي تستخدم التكنولوجيا متناهية الصغَر في النمو، أصبحنا بحاجة إلى بيانات علمية جديدة حول المخاطر التي قد تترتب على استخدام هذه المنتجات.

ويتفق الخبراء في الحكومات والصناعات المختلفة والجهات العلمية الأكاديمية وغيرها على ضرورة تناول قائمة التساؤلات الطويلة بالبحث وتقديم الإجابات الوافية إذا ما كان لنا أن ننمي ونطور التكنولوجيا متناهية الصِغَر بأكبر قدر ممكن من الأمان. إن التحدي الذي نواجهه يتلخص في إيجاد الإجابات التي من شأنها أن تمكن المنتجين والمسئولين التنظيميين من اتخاذ قرارات سليمة قائمة على العلم، وإنشاء نظام إشرافي قادر على بث الطمأنينة والثقة في نفوس المستهلكين.

للأسف أن الاستجابة العالمية لهذه التحديات لم تكن على المستوى المطلوب. ففي العام 2005 قام مشروع النانوتكنولوجي التابع لمركز وودرو ويلسون الدولي للباحثين بدراسة الأبحاث ذات التمويل الحكومي والتي تتعامل مع التأثيرات البيئية والصحية الناجمة عن استخدام التكنولوجيا متناهية الصِغَر، فضلاً عن تأثيرها على سلامة الإنسان. وتوصلت الدراسة إلى أن الاستثمار في البحوث وثيقة الصلة بهذه التأثيرات كانت ضئيلة للغاية: ففي الولايات المتحدة لم تتجاوز 1 بالمئة من إجمالي الاستثمارات الفيدرالية المخصصة للبحوث في مجال التكنولوجيا متناهية الصِغَر وتنميتها، والتي بلغت 1.1 مليار دولار أميركي.

والأمر الذي يثير القدر الأعظم من الانزعاج هو الغياب الواضح لأي استراتيجية ثابتة خلف الأبحاث التي يتم تمويلها. حتى إن العدد القليل من الدراسات وثيقة الصلة والتي استكشفت المجازفات المحتملة، افتقرت إلى أي قدر من التوجيه على النحو الذي يشير إلى أن المعلومات التي توصلت إليها هذه الدراسات قد تساعد صانعي القرار في ضمان تنمية التكنولوجيا متناهية الصِغَر بشكل آمن على الأمد البعيد.

لقد أحرزت الولايات المتحدة نجاحاً هائلاً في إنشاء الاستراتيجيات البحثية الداعمة لاستخدامات التكنولوجيا متناهية الصِغَر، وخدمت

كـــنموذج متبع في كافة أنحاء العالم. إلا أن الاستراتيجيات التي تعمل علـــى تنمية وإنتاج تطبيقات التكنولوجيا متناهية الصِغَر لن تساعدنا في الإجابـــة علـــى القائمـــة المتنامية من الأسئلة التي تطرحها الحكومات والجهات الصناعية بشأن تأثيراتها المحتملة اليوم.

الحقيقة أن التساؤلات الملحة المتعلقة بالمجازفة تتطلب قدراً عظيماً مـــن العمل المتأني على الصعيد الدولي. ولن يتسنى لنا الإجابة على هذه التساؤلات إلا بالإرتقاء بالجهود البحثية والتمويل إلى المستوى المطلوب لتوجـــيه الـــصناعة بالكامـــل إلى مستقبل آمن فيما يتصل باستخدام تطبيقات التكنولوجيا متناهية الصِغَر(8).

ويخـــشى بعـــض العلمـــاء مـــن الآثـــار المترتبة على استخدام النانوتكنولوجي على الصحة والبيئة، ففي دراسة نشرت في 25 تشرين الثاني/نوفمبر 2007 بمجلة Nature Nanotechnology، تم فيها استطلاع رأي بعضاً من عامة الجمهور، بالإضافة إلى 363 عالماً ومهندساً يعملون في مجـــال النانوتكنولوجـــي، حول المخاطر المحتملة للنانوتكنولوجي، أظهـــرت نتائجها أن 30 بالمئة من علماء النانوتكنولوجي يتخوفون أن تؤدِّي النانوتكنولوجي إلى ظهور مشاكل صحية على البشر، مقابل 20 بالمئة من عامة الجمهور، كما أن 20 بالمئة من العلماء يتخوفون من أن تـــؤدِّي النانوتكنولوجي إلى نشوء أنواع جديدة من التلوث، مقابل 15 بالمئة من عامة الجمهور(9).

التسمم النانوي Nanotoxicity:

وتعتـــبر التأثيرات البيئية للنانوتكنولوجي وآثارها على العاملين في صـــناعاتها، من أبرز المخاوف، حيث يعد التلوث بالمواد النانوية، نوعاً جديـــداً مـــن الملوثات التي تضاف لقوائم التلوث الموجودة حالياً، إذ

يتخوف العلماء من انتقال الجسيمات والمواد النانوية المتناهية الصغر إلى الجسم البشري، وكذلك إختراقها لخلايا النبات والحيوان، مؤدِّية إلى تأثيرات ضارة على الخلايا، وتكمن خطورة الجزيئات النانوية في صغر حجمها وانتشارها السريع والنهائي، فإذا حدث إمتصاص للجزيئات النانوية وإندماجها في جذور النباتات والأشجار أو عبر الهواء، فإنها ستصل إلى جسم الإنسان والحيوان عن طريق الغذاء، وهنا تكمن الخطورة خاصة إذا احتوت هذه الجزيئات على مواد سامة رسخت فيها أثناء مرحلة التصنيع، أو إذا ما نقلت معها مواداً خطيرة أثناء عمليات التنظيف.

ويعتقد العلماء أن الخطر المحتمل من النانوتكنولوجي أمر قادم أكثر من كونه إثارة علمية متخيلة، فقد أظهرت بعض الدراسات أن بعض نانو جزيئات الكربون carbon nanoparticles الواعدة ومن بينها أنابيب الكربون النانوية nanotubes الطويلة المجوفة، والكروية الشكل buckyballs، يمكن أن تكون مادة سامة للخلايا الحيوانية، وهناك مخاوف بأن يسبب التعرض لها مشاكل في التنفس على غرار ماتسببه بعض الجزيئات الأخرى الدقيقة للغاية، كما يخشى أن تكون النانو جزيئات قابلة للإستنشاق عن طريق الأنف وتلحق دماراً غير معروف نتيجته على خلايا الدماغ، أو أن تدمر أنابيب النانوnanotubes الحمض النووي (DNA) إذا وضعت على الجلد[10].

ومن أشهر حالات التسمم بالنانو، ما حدث في آذار/مارس عام 2006، حيث تعرض 97 مواطن ألماني لمشاكل في التنفس، بعد استعمالهم لمادة لتنظيف الحمامات تسمي "النانو السحري" Magic Nano، وبعد 3 أيام فقط من عرضها في السوق، ونتيجة هذا فقد تم سحب ومنع ترويج هذه المادة[11].

ولهـــذا فقد اهتمت الحكومات ومراكز البحوث العلمية في الدول المـــتقدمة وبخاصـــة في الـــولايات المتحدة وبريطانيا، بإجراء البحوث والدراســـات حـــول المخاطر البيئية وارشادات السلامة البيئية المرتبطة بالنانوتكنولوجي.

ففـــي عام 2002 دعت "الوكالة الأميركية لحماية البيئة" الباحثين في "مركز النانوتكنولوجيا البيولوجية والبيئية" بجامعة رايس الأميركية، إلى اجـــتماع لـــتقديم مخـــاوفهم من النانوتكنولوجي، وولد الاجتماع اهـــتماماً مـــن جانب المنظمين، وأدّى إلى إصدار دعوات من جانب مجمـــوعة بيئـــية في "وينيبيغ" Winnipeg بأوتاوا في كندا تدرس أثر النانوتكنولوجي على الأفراد والبيئة، وتعرف بـــ "إي تي سي" (ETC) The Action Group on Erosion, Technology and Concentration وتتـــبنى هذه المجموعة الدعوة لتعليق نشاط أبحاث النانوتكنولوجي لحين الـــتأكد العملـــي بالاختبارات الموثوق بها من أنها لا تحمل أي تهديد للسلامة والصحة والبيئة، فقد دعت المجموعة إلى حظر تصنيع الأنابيب الـــنانوية حـــتى تتضح المخاطر الصحية والبيئية. وقد أصدرت مجموعة (ETC) البيئية وثيقة تحذيرية من 80صفحة حول مخاطر النانوتكنولوجي، تحت عنوان "الانتكاس الكبير" The Big Down وتعرض هذه الوثيقة على موقع هذه المجموعة البيئية على الإنترنت (www.etcgroup.org)، وتعـــد هـــذه الوثـــيقة أهـــم محاولاتها لنشر التحذيرات بين صفوف المجمـــوعات الاجتماعية والعمالية والبيئية العالمية، حيث تحذر من مخاطر ناتجـــة عن السماح للشركات الكبرى بمتابعة وتشجيع التكنولوجيات التي لم يدرس أثرها الصحي أو البيئي بشكل كامل بعد.

يقـــول "بات موني" Pat Mooney المدير التنفيذي لمجموعة (ETC) الكـــندية، أنه لا يفترض أن النانوتكنولوجي شريرة أو مخيفة، بل يمكن

الانـــتفاع مـــنها بـــشكل كبير، ولكن الخطر يكمن في أن الحكومات ومجمـــوعات المصلحة العامة لا تملك سيطرة كافية على تقييم المخاطر وتحديـــد الأولـــويات، كمـــا أن مخـــاوف "موني" تنبع من أن هذه التكنولوجـــيا الجديـــدة قـــد تخـــرج عن نطاق السيطرة، حيث يمكن بالإعـــتماد علـــى النانوتكنولوجي من إنتاج جسيمات حية ميكروبية متناهية في الصغر جداً تسمّى بـــ "اللزيج الأخضر" Green Goo، لكي تقـــوم بوظائـــف الآلات، ولكنها قد تتكاثر بشكل لا يمكن السيطرة علـــيها، كما يعبر "موني" عن القلق من الأضرار البيئية والأمراض التي تنـــتج كاســـتجابة فجائية من قبل الإنسان والمخلوقات الحية الأخرى نتيجة لتكاثر جسيمات صناعية في أجسامنا.

وتطالـــب مجمـــوعة "موني" أن تسحب من الأسواق السلع التي تـــدخل في صناعتها النانوتكنولوجي والتي يمتصها الجسم مباشرة، مثل دهانات الوقاية من أشعة الشمس، إلى حين إجراء مزيد من الدراسات، ويقول "موني" بصراحة، لا أظن أن كريمات البشرة، والسراويل المقاومة للتبقع، أو الإضافات الغذائية هي أسباب تبرر تضحية الفرد بصحته[12].

وتشير الدراسة التي قدمها الباحثان تشايونج لام Chiu-wing Lam وروبرت هانتر Robert Hunter في اجتماع الجمعية الكيميائية الأميركية American Chemical Society عام 2003، إلى وجود سبب وجيه لاتخاذ الحذر من الجسيمات النانوية المصنعة.

ففـــي هذا الاجتماع قدم كلاً من الباحثان "تشايونغ لام" الذي يـــدرس سمـــية الأنابـــيب النانوية في مختبرات وايلWyle التابعة لمركز جونسون الفضائي في هيوستن والخاصة بوكالة الفضاء (ناسا)، و"روبرت هانتـــر" المتخـــصص في السموم في مركز علم الصحة بجامعة تكساس هيوستن الأميركية، قدما نتائج دراستهما التي ركزت على ما إذا كانت

الأنابيب النانوية قادرة على تدمير النسيج الرئوي، فقد عملا محلولاً من الأنابـيب الـنانوية، ووضعا بضع قطرات تعادل 1.0 ملليغرام، و5.0 ملليغرام من الأنابيب النانوية بشكل مباشر في رئتي الفئران، وأتاح هذا للباحـثين الـتحكم بعناية بنوعية الأنابيب النانوية التي دخلت في رئتي الفئران ومشاهدة ما الذي يمكن أن يحدث لو أن الفأر استنشق بخة من الأنابـيب النانوية. وأظهرت النتائج أنه بالنظر للنسيج الرئوي للفئران حول المواقع التي استقرت فيها الأنابيب النانوية بعد أسبوع، ثم بعد 90 يوماً، وجدوا أن الأنابيب النانوية تميل مع مرور الوقت للتجمع معاً، مكونة حزماً محاطة بخلايا مناعية تم تجنيدها لطرد المادة النانوية مـن الجـسم، من خلال عملية تسمّى "الاستجابة للجسم الغريب" Foreign Body Response، وهـذه العملية تترك نسيج يعمل على تـدمير النـسيج الـرئوي الأصلي. وعندما كرر الباحثان الاختبارات باستخدام أنابيب نانوية صنعت بأساليب مختلفة، وجدوا أن كل واحداً منها قد أنتج ردة فعل مغايرة قليلاً. ويقول العالم "هانـز" تعقيباً على نتائج هذه الدراسة، أنها تقدم رسالة واضحة تماماً، وهي أنه يتعين على جمـيع الأفـراد لاتخاذ الإحتاطات اللازمة، فالأنابيب النانوية يمكن أن تكـون عالية السمية، وهناك فرق بين مختلف أنواع الأنابيب النانوية، ولا يعرف عنه سوى القليل جداً[13].

كمـا أن فريق بحثي بقيادة العالم "كيفين أوسمان" Kevin Ausman مدير مركز النانوتكنولوجيا البيولوجية والبيئية The Center for Biological and Environmental Nanotechnology في جامعة رايس الأميركية في تكساس، قد قدموا بحثاً خلال اجتماع لجمعية الفيزياء الأميركية في أوسـتن، تكساس عام 2003، أكدوا فيه على أن النانوتكنولوجي توفر فـرص جديدة لتطوير طرق عملية كفيلة بحماية البيئة، لكنهم يعملون

على معرفة ما إذا كان انتشار مثل هذه الجزيئات الدقيقة سيزيد من سمية وحركة ملوثات أخرى في البيئة[14].

كما أن مجلة "نيوساينتست" New Scientist العلمية البريطانية الأسبوعية الشهيرة، أوردت في عدد 29 آذار/مارس عام 2004، أن الباحثة "إيفا أوبيردورستر" Eva Oberdorster المتخصصة في السموم البيئية من جامعة ساثرن ميثوديست Southern Methodist الأميركية في دالاس، قد حذرت من سوء استخدام الأنابيب الكربونية النانوية المتناهية في الصغر، بعد أن اكتشفت أنها تصيب الأحياء المائية بتلف في المخ، حيث استخدمت الباحثة نوعاً من الأنابيب النانوية الكربونية يسمّى" باكي بولز" buckyballs، التي يسهل إذابتها في الماء، ووضعت نسبة ضئيلة للغاية منها إلى الماء، إذ وضعت نصف جزء منها مقابل مليون جزء من الماء في حوض للأحياء المائية، واكتشفت وبعد مرور 48 ساعة، ظهور تلف كبير في أنسجة مخ الأسماك المعرضة لهذه الأنابيب النانوية، حيث كان التلف في مخ السمك أكبر بـ "17" مرة، مقارنة بأنسجة الأحياء التي لم تتعرض لهذه الأنابيب النانوية[15].

كما أن العالم "كين دونالدسن" Ken Donaldson المتخصص في التسمم الرئوي Lung Toxicologist في جامعة أدنبره University of Edinburgh البريطانية قد أثبت في بحث نشره عام 2004، أن استنشاق جزيئات الكربون في مستوى النانو لديها القدرة على الوصول للمخ والبقاء فيه، ومحدثة خطراً على الصحة[16].

كما أن الدراسة التي قام بها فريق بحثي برئاسة الباحثة" اليسون إيلدر" Alison Elder في المركز الطبي بجامعة روشستر في نيويورك University of Rochester Medical Center، ونشرت في عدد آب/أغسطس 2006 من مجلة Environmental Health perspectives،

قـــد توصـــلت إلى أنـــه عـــندما تتنفس الفئران مواد في حجم النانو nano-sized materials (ultrafine manganese oxide particles) فإنها تسير بطريقة مباشرة من الأنف إلى مناطق في المخ[17].

كمـــا أن بحث شركة "دوبونت "DuPont الأميركية المتخصصة في صناعة "أنابيب الكربون النانوية"، يعتبر من بين أكثر الأبحاث تطوراً مـــن حـــيث دراســـة الأخطـــار المحتملة للمواد على القياس النانوي Nanoscale Materials، ففي عام 2002 أجرى باحثون في شركة "دوبونت"، اختبارات على أنابيب الكربون النانوية، حيث قاموا بحقن أنابـــيب نانـــوية في رئة الفئران، وظهرت النتائج على عكس المتوقع، حيث بدأت الفئران تلهث بسبب حاجتها للهواء وشعورها بالاختناق، ونفـــق منها 15 بالمئة في مدة وجيزة. ويقول الباحث "ديفيد ورهايت" David Warheit المشرف على الفريق البحثي، أنها أعلى نسبة نفوق رأيناها، وذلك لأن خاصية الأنابيب النانوية، وهي "التجمع السريع" قد أدت إلى اختـــناق الفئران التي تعرضت لجرعة هائلة منها، كما أن هذه الخاصية منعت أيضاً وصول معظم هذه الأنابيب إلى عمق الرئة، الأمر الـــذي كان سيؤدِّي إلى أضرار بعيدة المدى فيما لو حدث، والى عدم إمكانية التخلص من هذه الأنابيب عن طريق السعال[18].

وعـــن تـــأثير الجـــزيئات النانوية على حياة النباتات، قام معهد التكنولوجـــيا في نيوجرسي New Jersey Institute of Technology بدراســـة نـــشرت عـــام 2005 ضمن دورية "نشرات علم السموم" Toxicology Letters، وبينت أن الجزيئات النانوية من مادة الألومينا (أوكسيد الألمنيوم) Nanoparticles of Alumina (Aluminum oxide) تبطئ من نمو جذور النباتات. يقول العالم "دانيال واتس" Daniel Watts المـــشارك الرئيس لهذه الدراسة ومدير معمل خصائص المواد في معهد

التكنولوجيا بنيوجرسي Material Characterization Laboratory at NJIT، أن الجزيئات النانوية من مادة الألومينا تبطئ نمو 5 أنواع من النباتات وهي الذرة، والخيار، والكرنب، والجذر، وفول الصويا soybean[19].

وفي مؤتمر في برن بسويسرا عام 2006نظمته أكاديمية علوم المادة وتقنياتها Empa-Materials Science & Technology، التابعة لمجلس العلوم السويسري، دعت فيه جميع المتخصصين لطرح الطموحات والمخاوف من النانوتكنولوجي، رأى بعض العلماء أنه لابد أن يتضح أولاً تأثير المواد المصنوعة بتقنية النانو على الإنسان والبيئة، كما حذر البعض الآخر من التهاون بتقدير الآثار السلبية والمخاطر التي يمكن أن تنجم عن عدم توضيح حدود تطبيق تلك التقنية الحديثة. فقد حذر البروفسور "هارالد كروغ" Harald Krug، اختصاصي التسمم البيئي من مركز أبحاث جامعة كارلسروه الألمانية، من الآثار الجانبية التي يمكن أن تسببها الجزيئات المتناهية الصغر، مثل ثاني أوكسيد التيتانيوم، حيث تتغلغل بجسم الإنسان عن طريق الجهاز التنفسي، ولا يعرف العلماء حتى الآن ما يمكن أن تسببه من تحولات في الدم. ولهذا يجب الحذر نظراً لعدم توفر معلومات كافية عن آلية تفاعل الخلايا مع تلك الجزيئات المتناهية الصغر. كما أن البروفسور" أورتفين رين" Ortwin Run المتخصص في علم الاجتماع من جامعة "شتوتغارت" الألمانية، يرى أن تطبيقات النانوتكنولوجي غير عادية، ويجب التعامل معها بحذر شديد، ووضع الإطار الأخلاقي لاستخدامها قبل فوات الآوان[20].

وخلال الندوة الصحافية التي نظمت على هامش "المؤتمر السنوي للمرصد الفرنسي للنانوتكنولوجي والمايكرو" OMNT-Observatoire des Micro et Nano Technologies، الذي عقد في باريس في 7

شـــباط/فبرايـــر 2008، وعـــرض فـــيه 250 خبيراً أهم التطورات في النانوتكنولوجـــي الـــتي سيشهدها عالمنا خلال السنوات المقبلة، حذر "دانيـــيل بلوش" Daniel Bloch طبيب الشغل بمفوضية الطاقة النووية بفرنـــسا من مخاطر انتشار جزيئات النانو وتأثيراتها على البيئة والصحة، حـــيث قال "بلوش" إنه كلما تم تقسيم المادة إلى أجزاء صغيرة، كلما كانـــت أكثر إشعاعاً وبالتالي تشكل خطراً، ويمكن للمساحيق الجزيئيّة وبفعل دقتها، أن تنتشر في كل مساحات الجسم، وفي الحويصلات الرئوية والدم وحتى في الحاجز الدمويّ الدماغيّ Blood-brain barrier (BBB) الـــذي يحمي الدماغ[21]، وقد أكد ذلك عالم السموم Toxicologist البريطاني "فيفيان هوارد" Vyvyan Howard من جامعة Ulster البريطانية، أن الجـــزيئات الـــنانوية من الذهب يمكنها أن تتخطّى الحاجز المشيميّ وبالـــتالي تـــنقل بعض المركّبات من الأم إلى الجنين.. وهكذا نجد أن أنابـــيب الكربون النانوية، يمكن أن تنغرز في الحويصلات الرئوية وتتسبّب بحالات سرطانيّة. وما يعقّد توصيف التأثيرات الصحّية المُحتَمَلة هو أنّ المُنتجات الجزيئيّة التي تُصنَّع ما تزال مجهولة إلى حدٍّ ما[22].

وفي دراسة قام بها باحثون من "معهد كارولينسكا" Karolinska Institutet في الـــسويد، ونشرت بعدد أيلول/سبتمبر 2008 من دورية "أبحاث كيميائية في علم السموم" Chemical Research in Toxicology، توصلوا فيها إلى أن الجزيئات النانوية لأوكسيد التيتانيوم وأوكسيد الزنك Zinc Oxide and Titanum Dioxide Nanoparticles الموجودة في المراهم الواقية للشمس وأدوات التجميل sunscreens and cosmetics، تتسبب في قتل الخلايا أو تلف في الـــحمض النووي DNA، وأن المواد الـــنانوية للـــنحاس Copper Nanomaterials كانت أكثر سمية وتلفاً لــــ DNA[23].

يقول "زاك غولدسميث" Zac Goldsmith مدير تحرير مجلة "إيكولوجيست" Ecologist البريطانية، إن مجتمع تقنية النانو لا يتحدث عن المخاطر المتوقعة، لا أحد ينكر أن تقنية النانو هي أقوى أدوات عرفتها البشرية، ولكن من الجنون المهاجمة بغير نقاش، فالناس متخوفون ولهم عذرهم، والعلماء ارتكبوا أخطاء كثيرة قاتلة مثل "دي دي تي" DDT والثاليدوميد Thalidomide، والخطأ مع تقنية النانو سيكون أخطر بكثير مما سبق[24].

تقول "باتي فالدمير" Patti Waldmeir في مقالة لها بعنوان "مخاطر جديدة شجاعة للنانوتكنولوجي "Brave new risks of nanotechnology في صحيفة "فاينانشيال تايمز" Financial Times البريطانية بتاريخ 18 أيلول/سبتمبر 2007، بأن علم النانو لا يزال في مهده، ولكن جزئيات النانو تستخدم حالياً أو يتم تطويرها للاستخدام في المنتجات الاستهلاكية المتنوعة من المواد المستخدمة للوقاية من الشمس إلى ربطات العنق المقاومة للبقع، الثلاجات الخالية من الروائح الكريهة والعدسات اللاصقة التي تغير اللون وفقاً لمستويات السكر في الدم (مما يتيح لمرضى السكري أن يفحصوا دمهم فقط بمجرد النظر إلى المرآة). ولا أحد يعلم حقاً ما إذا كان أي من مئات منتجات النانو التي تباع حالياً في الأسواق آمنة، ولا أحد ينظمها. ويبدو أن الاستراتيجية هي البيع أولاً، والسلامة لاحقاً.

ووفقاً لمشروع "تقنيات النانو الناشئة" Project on Emerging Nanotechnologies لمركز وودرو ويلسون الدولي للباحثين Woodrow Wilson International Center for Scholars، الذي أجرى مسحاً حول توجهات المستهلك نحو تقنية النانو، فإن معظم الأميركيين لا يعرفون شيئاً أو يعرفون القليل جداً عن جزيئات النانو

(وســـوف يصدمون بلا شك عندما يعلمون بأن مثل هذه الأمور يمكن أن تكـــون بالفعـــل في المـــواد الواقية من الشمس التي يستخدموها). فحجم جزيئات النانو في المواد الواقية من الشمس يجعلها تحجب المزيد من الأشعة فوق البنفسجية. ولكن غالبية "بطاقات" labelsالمواد الواقية من الشمس لا تحـــتوي على أي تلميح لاحتوائها على النانو. وتشير بعض الأبحاث إلى أن مكـــونات النانو المستخدمة بشكل واسع في المواد الواقية من الشمس يمكن أن تـــضر بـــالحمض الـــنووي للخلايـــا، أو رئات الحيوانات عندما يتم استنـــشاقها، ولا أحد يعلم ما إذا كان ذلك يترجم إلى ضرر على البشر، ولكـــن ذلك بالضبط هو المغزى، فلا أحد يعلم ما إذا كنت أتسبب بضرر أكـــبر لأطفـــالي عـــندما أرش عليهم مادة واقية من الشمس تحتوي على جزيئات النانو، من الضرر الذي يسببه لهم الاحتراق من الشمس.

تقول التقارير الاستهلاكية إن تقنية النانو ستغير حياة الأميركيين بقـــدر مـــا غيرها الكهرباء أو محرك الإحتراق الداخلي. ويقول العالم "ديفـــيد ريجيسكي" David Rejeski، مدير مشروع النانو في معهد وودرو ويلـــسون، "لكـــن إن كانت هذه بالفعل هي الثورة الصناعية التالـــية، فلماذا لا نتحدث عنها؟" ويقول إن ردة الفعل العامة هدمت مـــستقبل الأغذيـــة المعدلة وراثياً، لأن قطاع الأعمال والحكومة أساءا التعامل مع مخاوف المستهلك. ويضيف "إن للحكومة دوراً ضخماً جداً في زيادة ثقة الشعب حول هذه التقنيات الناشئة".

ويقـــول "ريجيسكي" إن الشركات وخصوصاً الصغيرة منها والتي لا تمـــتلك مـــوارد كافية يمكن أن تخصصها للاختبار بحاجة إلى قواعد للـــتعامل مـــع مسألة النانو. ويقول أيضاً بأن "هناك إمكانية عالية جداً لحدوث رد فعل شعبـــي". ويضيف "كيف سيعرف الناس عن النانو، وممن، وما هي الرسالة التي ستكون حاسمة".

يجب أن يكون هناك طريق وسط، فالسوق جيدة في الاستجابة لذعر المستهلك بعد الحقيقة، ولكنها ليست جيدة في توقع الكارثة. ويقول "ريجيسكي" إن قطاع الأعمال، الحكومة والشعب بحاجة إلى الوصول إلى "عقد اجتماعي" جديد حول تقنية النانو، أو أن أصحاب رأس المال المضارب لن يجازفوا بمواردهم في تقنية يمكن أن تغرق إلى ما دون الإزدراء العام. فالحكومة بحاجة إلى وضع بعض القواعد لتطوير النانو بمسؤولية. والحكومة والأسواق بحاجة إلى العمل يداً بيد في هذا الموضوع[25].

في العام 2006 نشرت مجلة "نيتشر" "الطبيعة"، خمسة أبحاث تتناول التحديات الكبرى المرتبطة بالتنمية الآمنة للتكنولوجيا متناهية الصِغَر، وهي:

1. التوصل إلى السبل اللازمة لقياس كمية المواد متناهية الصَغَر في الهواء والماء؛
2. تعلم كيفية تقييم مدى الضرر الناجم عن المواد متناهية الصِغَر؛
3. تنمية السبل اللازمة للتنبؤ بالأضرار الناجمة عن المواد متناهية الصِغَر الجديدة - ومنعها؛
4. امتلاك المهارات اللازمة لتقييم التأثيرات المحتملة للمنتجات متناهية الصِغَر على كافة المستويات؛
5. إنشاء الاستراتيجيات وإيجاد التمويل اللازم لدعم الأبحاث المطلوبة لمواجهة هذه التحديات.

وقد بدأت بعض الدول والمناطق في وضع الأجندات البحثية التي تستجيب لهذه التحديات الخمسة. فعلى سبيل المثال، أعلن الاتحاد الأوروبي مؤخراً عن إنشاء برنامج للأبحاث في مجال التكنولوجيا متناهية الصِغَر، يتكلف 3.6 مليار يورو، ويتضمن الأهداف البيئية، والصحية، وأهداف السلامة التي تتعلق بهذه التحديات.

وأيـــضاً، في شـــهر آذار/مارس 2007، وجهت الهيئة الاستشارية العلـــيا لـــدى الحكومة البريطانية تحذيراً مفاده أن ريادة الدولة في مجال التكنولوجيا متناهية الصغَر أصبحت في انحسار، وذلك لأن الحكومة لم تـــستثمر القـــدر الكـــافي من الأموال في الأبحاث اللازمة لفهم وإدارة التأثيرات الصحية والبيئية المحتملة نتيجة لاستخدام هذه التكنولوجيا.

كمـــا يعكف "المعهد الأميركي الوطني للسلامة المهنية والصحة" The National Institute for Occupational Safety and Health علـــى تطوير إرشادات للتعامل مع مواد النانو، قائلاً ان تلك الجزيئات الـــصغيرة قـــد تشكل خطراً غير معروف على الأفراد الذين يتعاملون معهـــا، وهـــناك أمـــر مجهول آخر وهو الخطر بالنسبة إلى المستهلكين والبيئة.

وقامـــت الحكومة البريطانية بخطوة حاسمة تجاه الأخطار التي يمكن أن تنجم عن النانوتكنولوجي، فقد أصدرت في تموز/يوليو عام 2004، تقريـــراً جـــاء فيه أن المواد المصنوعة عن طريق النانوتكنولوجي ينبغي اعتـــبارها مـــن المواد الكيماوية الجديدة، وبالتالي إخضاعها للمزيد من الفحوصات الخاصة بالسلامة قبل طرحها في الأسواق، للتأكد من أنها لا تـــشكل أي خطر على الصحة البشرية. وقد تميز هذا التقرير بتناوله للفرص الكبيرة والمخاطر أيضاً التي قد تنجم عن هذه التقنية الحديثة التي ستستغل الأشياء الدقيقة الموجودة في الكون، وقد صدر هذا التقرير بعد تـــشكيل لجـــنة عليا من العلماء والمهندسين والحريصين على الأخلاقيات العامـــة والخـــبراء الآخرين التابعين للجمعية الملكية البريطانية والأكاديمية الملكـــية البريطانية للعلماء[26]، وتجدر الإشارة إلى أن الحكومة البريطانية قد قامـــت في آب/أغسطس عام 2007 بإنشاء "موقع إلكتروني" على "شبكة الإنترنت" يختص بالنانوتكنولوجي الآمنة، هو (www.safenano.org).

كمـــا أن الحكومة الأميركية عقدت في 4 كانون الثاني/يناير من عـــام 2007، أول اجـــتماع حـــول الآثـــار المتـــرتبة على استخدام النانوتكنولوجي على البيئة والصحة ومراعاة معايير السلامة. وقد ركز الاجـــتماع علـــى مجـــال المـــواد المـــصنعة عمداً أو عفواً باستخدام النانوتكنولوجـــي، أي المـــواد التي تصنع خصيصاً بهذا الأسلوب، وليست المواد المتناهية الصغر التي توجد في الطبيعة على تلك الصورة أو التي تنتج بالصدفة عن عمليات تصنيع مواد أخرى يقوم بها البشر. وجاء في الاجتماع أن الإدراك العلمي لكيفية تفاعل المواد المنتجة أو المـــصنعة باستخدام النانوتكنولوجي مع النظم البيولوجية لم يكتمل بعـــد، وتـــوجد قائمة بالتساؤلات المثارة التي لم تتم الإجابة عنها بعد حول المواد المصنعة باستخدام النانوتكنولوجي، بما في ذلك التساؤلات المـــتعلقة بمـــا إذا كانت الأساليب المستخدمة حالياً لاختبار مدى سمية المـــواد تعتبر أساليب ملائمة لقياس وتقييم مدى سمية أو خطورة المواد المنـــتجة بالنانوتكنولوجي والآثار البيولوجية المحتمل أن تترتب عليها. وفي هذا الاجتماع صرح "بول زيغلار" Paul Ziegler مندوب لجنة النانوتكنولوجـــي في مجلـــس الكيمـــياء الأميركي (منظمة للصناعات الكيماوية) American Chemistry Council، بأن تمويل الأبحاث الخاصـــة بالآثـــار الـــصحية والبيئية المترتبة على النانوتكنولوجي يجب أن يتناســـب مـــع تمويل الأبحاث الخاصة بتطوير تلك التكنولوجيا، وقد قال بـــذلك معظـــم المتحدثين في الاجتماع. ويذكر أن الإنفاق على الأبحاث الخاصـــة بآثارالنانوتكنولوجـــي على الصحة والبيئة ومراعاة السلامة عام 2006، بلـــغ 38ملـــيون دولار، وفي طلـــب الميزانية الذي قدمه الرئيس الأميركـــي للعام 2007، طالب بـــ 44 مليون دولار لهذه الأبحاث. وقال الحاضـــرين في الاجتماع إن الأولوية القصوى في هذه الأبحاث، يجب أن

تهـــتم بمواجهة الشكوك المتعلقة بالمواد المنتجة بالنانوتكنولوجي، كما دعوا إلى وجـــود مـــصدر مركزي أو قاعدة بيانات مركزية للمعلومات التقنية المـــتعلقة بما يترتب على النانوتكنولوجي من آثار على الصحة وحماية البيئة. وقال" أندرو ماينارد" Andrew Maynard، كبير المستشارين العلميين في مشروع النانوتكنولوجي الناشئةProject on Emerging Nanotechnology بمركـــز وودرو ويلـــسون الـــدولي للباحثين في العاصمة واشنطن، إن النانوتكنولوجـــي لم تعد مجرد فضول علمي، فقد أصبحت موجودة في أماكن العمل والبيئة والمنازل، وأضاف، لو أن هناك إدراكاً سليماً لمزايا النانوتكنولوجي في مجالات الطب والعلاج والاتصالات وإنتاج الطاقة، لكان لزاماً على الحكومة الفيدرالية أن تضع خطة رئيسية شاملة لتحديد الأخطار المحتملة والتقليل منها(27).

وفي عام 2008 أعدت "مبادرة النانوتكنولوجي القومية" الأميركية، اســـتراتيجية خاصـــة للنانوتكنولوجي متعلقة بالبحوث المرتبطة بالبيئة والصحة والأمان(28).

ويطالب "كيفين أوسمان" مدير مركز النانوتكنولوجيا البيولوجية والبيئـــية في جامعـــة رايـــس الأميركية، بتخصيص مزيد من الجهود والـــتمويل للأبحـــاث لدراسة الآثار الصحية والبيئية للنانوتكنولوجي، ويقـــول عـــند ذلـــك لـــن يكون هناك جواب بسيط للسؤال: هل النانوتكنولوجـــي خطـــرة؟ ويـــؤكد "أوسمان" على أن السيناريوهات المخيفة من النانوتكنولوجي والتي تنتمي لأعمال الخيال العلمي، لا تعني بأي حال الرضى والتساهل مع المخاطر المحتملة، فلابد من التعاون بين العلمـــاء والمهندسين العاملين على تطوير تقنية النانو والناشطين لحماية البيئة وأصحاب القرار لإشاعة مناخ من الثقة ولتجنب التعرض للعديد من المشكلات(29).

يقــول "آنــدرو مايــنارد"، كبير المستشارين العلميين لمشروع النانوتكنولوجـــي الناشئة، إذا ما كنا راغبين في بناء تكنولوجيا متناهية الصغَر استناداً إلى العلوم السليمة، فلابد من دعم الاستراتيجيات البحثية العالمــية اعتماداً على السياسات الإبداعية وتوفير التمويل الكافي للقيام بهــذه المهمــة. ففي الولايات المتحدة فقط تتراوح التقديرات الخاصة بمــستويات الــتمويل اللازمــة للأبحاث التي تدرس المخاطر المرتبطة باســتخدام التكنولوجـــيا متناهية الصغَر ما بين خمسين إلى مئة مليون دولار أميركــي ســنوياً - أي حــوالى خمسة إلى عشرة أمثال إجمالي الاستثمار في هذا المجال في العام 2005.

لا ينبغـــي لنا أن ننطلق نحو مستقبل التكنولوجيا متناهية الصغَر ونحن مغمــضي الأعين. وعلى الرغم من البداية الطيبة إلا أن العديد من الدول تــبادر إلى تنمــية تقنيات القرن الواحد والعشرين هذه في إطار توجهات عقلــية عتيقة وتفتقر إلى البصيرة الواضحة. وإذا لم نتمكن من إيجاد السبل اللازمــة لرصد المخاطر الجديدة المحتملة والتعامل معها بكفاءة، فلن يكون بوسعنا أن نتوقع مستقبلاً آمنا في ظل هذه التكنولوجيات الجديدة.

ولابد أن ندرك الحاجة إلى تأسيس تطبيقات هذه التكنولوجيا في المــستقبل على الفهم السليم للتأثيرات المحتملة. إن الفائزين في السباق العالمــي لاحتلال مركز الريادة في عالم التكنولوجيا متناهية الصغَر هم هــؤلاء الــذين ســوف يدركون المخاطر ويدعمون الأبحاث اللازمة لتقليصها إلى أدنى حد ممكن[30].

مخاوف من التطبيقات العسكرية للنانوتكنولوجي:

مــن الاستخدامات العسكرية لتقنية النانو إمكانية صناعة أسلحة مصغرة لا يمكن رؤيتها وبكميات هائلة، ويمكنها مهاجمة أهدافها بدقة،

ولا تستطيع الأجهزة الدفاعية إعاقتها أو تعطيلها. وهناك كذلك إمكانية زراعة مواد نانوية في أجسام الجنود لزيادة نشاطهم وحيويتهم، أو تزويدهم بملابس تدخل فيها تقنية النانو لتجعلها أشد صلابة وأخف وزناً، ولا يخترقها الرصاص، هذا على اعتبار أن الآخر لا يمتلك هذه التقنية ويحارب بأسلحته التقليدية.

ويعتقد الخبراء أنه يمكن بواسطة هذه التقنية أن تصنع بلايين الأسلحة الفتاكة، التي تتحرك وتعمل ذاتياً ولا تتطلب وجود الجنود من البشر، ومن الممكن أيضاً برمجتها لتكون في حروبها انتقائية، وقد تستخدم في الاغتيالات، لأنه من الصعب اكتشافها قبل تنفيذ العملية، ومن الأصعب تتبعها ومعرفة مصدرها.

والمخيف في مواد النانو هو صغر حجمها ورخص وسهولة وسرعة تصنيعها، وإمكانية تهريب المصانع التي تنتجها، واحتمال انتشارها في السوق السوداء، فمصنع لمواد النانو قد لا يزيد وزنه عن 100 كيلوغرام. ومن الممكن أن نرى اليوم الذي تستطيع فيه الدول والجماعات المتطرفة، والمنظمات غير الشرعية امتلاك هذه التقنية وتسخيرها في أعمال الإرهاب وقتل الأبرياء.

ويعتقد الخبراء العسكريون وعلماء النانو أن القوة الهجومية لهذه التقنية ستتطور بسرعة أكبر بكثير من القوة الدفاعية، مما يجعل الضربات الاستباقية في مقدمة الخيارات الحربية، وما يتبع ذلك من موت ودمار، قد لا يكون مبرراً، أو قد يكون مبنياً على معلومات استخباراتية زائفة أو خاطئة[31].

ففي أيلول/سبتمبر 2008 طالعتنا وكالة أنباء نوفوستي الرسمية الروسية والعديد من الوكالات، أن روسيا وباستخدام "تكنولوجيا النانو" قد اختبرت بنجاح "قنبلة فراغية" Vacuum Bomb غير نووية

محمــولة جواً وصفتها بأنها الأقوى في العالم حتى الآن، وأطلقت عليها اسم "أبو كل القنابل" Father of All Bombs، مقارنة بالوصف الذي أطلقــته الــولايات المتحدة على قنبلتها الفراغية الأقوى في العالم عام 2003، والتي أسمتها "أم كل القنابل"، وقالت التقارير العسكرية الروسية إن قــوة هــذه القنــبلة الروســية الجديدة تعادل أربعة أضعاف القوة التفجيرية للقنبلة الفراغية الأميركية[32].

نماذج من الجهود العربية في الاهتمام بتقنية النانوتكنولوجي

أبحاث وتطبيقات واستثمارات ومؤتمرات النانوتكنولوجي تجرى حالياً على قدم وساق في جميع دول العالم وبخاصة المتقدمة منها، في سباق سريع لم يشهد له مثيل، عنوانه "اللحاق أو الانسحاق". وفي السنوات الأخيرة أدرك عالمنا العربي أهمية مجال النانوتكنولوجي، فبدأت الندوات والمؤتمرات وورش العمل والاستثمارات والاتفاقيات والشراكات تتزايد في هذا المجال، ولكن ما زال هناك المزيد والمزيد للحاق بركب الدول المتقدمة في مجال النانوتكنولوجي، وأصبح هناك ضرورة عاجلة لمبادرة عربية في النانوتكنولوجي، يتم من خلالها توحيد الجهود وتحديد الأولويات والمجالات في هذا المجال التي تخدم الاقتصاد الوطني في البلاد.

وفيما يلي نماذج لبعض الجهود العربية في الاهتمام بتقنيات النانوتكنولوجي:

جهود المملكة العربية السعودية في مجال تكنولوجيا النانو:

تعد المملكة العربية السعودية من أوائل الدول العربية التي بدأت مبكراً في الاهتمام بتقنيات النانو، واتخاذ قرارات لمواكبة العالم في هذا المجال، وذلك من خلال العديد من البرامج والمبادرات الواعدة ومراكز

الأبحـــاث المتخصصة في تقنية النانو في بعض جامعات المملكة، بهدف تحـــويل اقتصاد المملكة إلى اقتصاد مبني على المعرفة، وتعد مبادرة خادم الحـــرمين الشريفين الملك عبد الله بن عبد العزيز حفظه الله بتبني تقنية الـــنانو، مـــن الخطوات والمبادرات الرائدة والجريئة التي تعكس مدى اهـــتمامه شخصياً بكل ما من شأنه تطوير ودعم الاقتصاد الوطني، فقد تـــبرع الملـــك عبد الله بن عبد العزيز بمبلغ 36 مليون ريال من حسابه الخاص لتمويل إستكمال التجهيزات الأساسية لمعامل متخصصة في مجال تقنـــية الـــنانو في ثلاث جامعات سعودية هي جامعة الملك عبد العزيز بجـــده، وجامعـــة الملـــك سعود بالرياض، وجامعة الملك فهد للبترول والمعادن بالظهران، بواقع 12 مليون ريال لكل جامعة.

ولمواكـــبة الـــدول المتقدمة في مجال تقنيات النانو واستثمارها لخدمـــة أغـــراض التنمـــية في الـــسعودية قامت "مدينة الملك عبد العزيـــز للعلـــوم والتقنـــية" بالـــرياض وهي المؤسسة التي تضطلع بالـــبحوث الوطنـــية والتنمـــية، في نهايـــة عـــام 2005، بإنـــشاء "المركـــز الـــوطني لبحوث التقنيات متناهية الصغر" (تقنيات النانو) National Nanotechnology Center، بهدف نقل وتوطين التقنيات المتناهـــية الـــصغر في المملكة لتلبية الاحتياجات الوطنية ومتطلبات التنمـــية في المجالات الصناعية والصحية والزراعية والبيئية وغيرها، ووضع أولويات واستراتيجيات البحث في مجال هذه التقنية بناءً على احتـــياجات المملكة الحالية والمستقبلية، ويسعى المركز إلى تأسيس البنية التحتية لتلك التقنية عن طريق إنشاء مختبرات متكاملة ومجهزة لخدمـــة الباحـــثين والجهـــات ذات العلاقة، وتحفيز القطاع الخاص للاستثمار في مجال التقنيات متناهية الصغر عن طريق الاستفادة من تلـــك المختبرات مما يؤدِّي إلى تخفيض التكاليف المبدئية للمستثمرين

في المملكة، ويقدم المركز برنامج سنوي للمنح البحثية في التقنيات متناهية الصغر، للباحثين من حملة الدكتوراه في الجامعات ومراكز البحوث السعودية، حيث يمضي الباحث مدة تتراوح بين 8 إلى 12 أسبوعاً في أحد المختبرات العلمية المتطورة لدى الجامعات العالمية المتميزة في مجال تقنيات النانو، ويأتي هذا البرنامج في إطار مهام مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية المتمثلة في دفع حركة البحث العلمي في المملكة لتحقيق طموحات الخطة الوطنية للعلوم والتقنية، وإتاحة الفرصة لأساتذة الجامعات ومراكز البحوث السعودية للتعرف على اتجاهات البحث العلمي في المختبرات العالمية في المجالات التقنية المتقدمة، وممارسة بحوث مشتركة مع الباحثين العالميين.

وتتلخص مهمة "مبادرة تقنية النانو الوطنية" National Nanotechnology Initiative في ضمان دور فعال للمملكة العربية السعودية في مجال بحث وتطوير تقنيات النانو في المجتمع الدولي. ومن المتوقع أن تعزز الخطة الإمتياز الأكاديمي وأن تؤمن توفر مرافق بحثية عالمية المستوى على جميع الأصعدة الاقتصادية، من المؤسسات الأكاديمية إلى الصناعة، مع التركيز على دعم الاستراتيجية الاقتصادية المستقبلية للمملكة، ونقل التقنيات من المجتمع البحثي إلى قطاع الصناعة، وذلك من خلال تضافر الجهود وشمل جميع التخصصات.

وتهدف "مبادرة تقنية النانو الوطنية" إلى إنشاء برنامج متعدد المجالات يتناول جميع فروع العلوم لبناء القدرة والكفاءة في التقنيات المتناهية في الصغر، مما سيعزز كفاءة المملكة التنافسية في المستقبل، وتتضمن هذه المجالات:

1. الهيكل الكمي والأجهزة المتناهية الصغر Quantum Structure & Nanodevices

- النظم الإلكتروميكانيكية الدقيقة
- أجهزة التقنية الحيوية المتناهية في الصغر
- أجهزة النانو الضوئية
- أجهزة النانو الإلكترونية
- الهيكل الكمي

2. المواد المتناهية الصغر وتوليفها Material & Synthesis

- المواد المحفزة المتناهية في الصغر
- المواد المضافة للوقود
- استخراج الوقود
- الأغشية الرقيقة والطلاءات
- الترشيح بالأغشية المتناهية الصغر
- المواد المركبة
- العزل الحراري
- الأنابيب المتناهية في الصغر والأسلاك المتناهية في الصغر
- تطوير المواد باستخدام الجزيئات والأنابيب والأسلاك المتناهية في الصغر
- الجزيئات المتناهية في الصغر والنقاط الكمية
- الأقمشة المقاومة للنار والماء
- المواد اللاصقة
- حصاد الطاقة
- تخزين الطاقة
- التشحيم

- تنقية، وتحلية وتطهير المياه
- مراقبة جودة المياه

3. النمذجة الحسابية والتحليل النظري للمنظومات المتناهية في الصغر Computational modelling & theoretical analysis of nanosystems

وقـد عقدت "مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية" العديد من الندوات وورش العمـل حول تقنيات النانو، ومن بينها ورشة العمل العلمية حول تقنيات النانو، في الفترة من 29 إلى 31 كانون الثاني/يناير 2006، والـتي نظمتها المدينة بالتنسيق مع علماء من جامعتي "ميتشغان آن أربـر" و"إيلينوي" الأميركيتين University of Michigan, Ann Arbor & University of Illinois, Urbana-Champaign، وقد شارك فيها عالم الفيزياء والنانوتكنولوجي البروفيسور منير نايفة من جامعة إيلينوي، والأستاذ غير المتفرغ في معهد الملك عبد الله لتقنية النانو.

وقـد اهـتمت جامعـة الملك سعود بالرياض بتكنولوجيا النانو وأعطـتها أولـوية قصوى وأصبحت أحد أبرز برامجها التطويرية التي دشنتها مؤخراً لتحقيق الريادة العالمية في مجال أبحاث النانو على مستوى العـالم، فقد قامت الجامعة بإنشاء "معهد الملك عبد الله لتقنية النانو"، وهـو أحد ثمرات تبرع خادم الحرمين الشريفين حفظه الله لدعم أبحاث الـنانو في الجامعـة بهـدف نشر ثقافة البحث العلمي وإعداد وتأهيل الخبرات المحلية في هذا المجال والاستفادة بالخبرات من خارج المملكة من المتخصـصين وتطوير البرامج الأكاديمية بالجامعة لتصبح مرتبطة بعلوم وتقنـيات الـنانو، بالإضافة إلى وضع استراتيجية للتعاون والتنسيق مع الجامعات والمؤسسات البحثية المحلية، ونشر الوعي العلمي على المستوى الاجتماعي والتربوي بهدف دعم مشروعات وأبحاث النانو.

حيث قامت الجامعة بإعداد خطة استراتيجية متكاملة وعمل قاعدة بيانات للمهتمين من منسوبي الجامعة في هذ التقنية، كما قام فريق العمل التنفيذي بزيارات ميدانية لعدد من الجامعات ومراكز الأبحاث العالمية الرائدة والتعرف على آخر ماتوصلت إليه أبحاث النانو وبناء جسور للتواصل مع تلك المراكز والجامعات والاستعانة بالخبرات العلمية المتميزة.

ففي الفترة من 26 إلى 28 أيار/مايو 2008 أقام "معهد الملك عبد الله لتقنية النانو بجامعة الملك سعود" ورشة عمل بعنوان "التجربة الصينية في صناعة النانو"، شارك فيها عدد من العلماء المتميزين من الصين في مجال تقنية النانو، وذلك بهدف تفعيل نشاط معهد الملك عبد الله لتقنية النانو في توسعة قاعدة البحث العلمي، والتعرف عن كثب على التجربة الصينية في صناعة النانو، والاستفادة من التجربة الصينية لنقل التقنية والمعرفة في مجال صناعة النانو، وعمل شراكة مع الجانب الصيني لتدريب الكوادر الوطنية على مختلف الأبحاث في مجال صناعة النانو.

وتناولت محاور هذه الورشة، التقنيات المستخدمة في تحضير وتشخيص مواد النانو، تطبيقات مواد النانو في الصناعة، والاستخدامات المتعددة لمواد النانو.

كما قامت جامعة الملك سعود بتنظيم العديد من المؤتمرات والندوات وورش العمل حول تكنولوجيا النانو، فعلى سبيل المثال قامت الجامعة في الفترة من 28 إلى 29 تشرين الأول/أكتوبر 2007 بتنظيم ورشة عمل حول أبحاث النانو في الجامعات كان عنوانها "الطريق نحو تحقيق رؤية خادم الحرمين الشريفين" بهدف طرح وعرض ما توصلت إليه الجامعات السعودية والقطاعات البحثية الأخرى من داخل

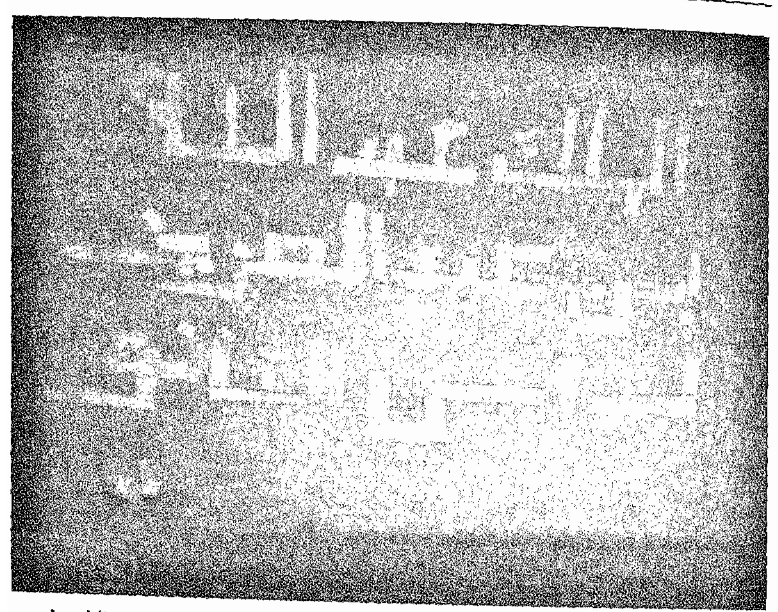
المملكة وخارجها في مجال النانو والتعرف على المستجدات والتوجهات الحديثة في مجال تقنيات النانو واستشراف مستقبل برنامج النانو في الجامعات السعودية الثلاث والقطاعات البحثية الأخرى ضمن التبرع السخي لخادم الحرمين الشريفين.

وشارك في الورشة نخبة من أبرز المتخصصين على مستوى العالم في علوم وتطبيقات النانو، كما شارك فيها محاضرين سعوديين لعرض تجارب الجامعات السعودية في تقنية النانو.

كما أن معهد الملك عبد الله لتقنية النانو بجامعة الملك سعود، وتحت رعاية خادم الحرمين الشريفين الملك عبد الله بن عبد العزيز، قد نظم في الفترة من 5 إلى 7 نيسان/أبريل 2009، مؤتمراً دولياً بعنوان "المؤتمر العالمي لصناعات تقنية النانو: التقنية الرائدة في القرن الواحد والعشرين"، وقد تركزت بحوث المؤتمر حول عدة محاور مهمة، تشمل: الجسيمات النانوية والنقاط الكمية، الطبقات الرقيقة والطلاء بالنانو، الأسلاك والأنابيب النانوية، المركبات النانوية، النمذجة والحوسبة النانوية، التقنية الحيوية النانوية والطب النانوي، تطبيقات التقنية النانوية في معالجة المياه، البيئة والطاقة، الإلكترونيات والإلكترونيات البصرية، الطباعة والحفر والتصنيع النانوي، الجوانب التعليمية والتدريبية لعلوم النانو، ودور التقنية النانوية في بناء الاقتصاد المبني على المعرفة.

ويتميز المجلس العلمي العالمي لمعهد الملك عبد الله لتقنية النانو بأعضائه والدول التي ينتمون إليها، إذ يضم فائزين بجوائز عالمية مرموقة مثل جائزة نوبل وجائزة الملك فيصل العالمية، ومن دول لها تجارب وإنجازات رائدة في مجال أبحاث وتقنية النانو. وفي افتتاح مهرجان الجنادرية (المهرجان الوطني للتراث والثقافة) في

دورتــه الـــ 24 في الفترة من 4 إلى 18 آذار/مارس 2009، الذي يــنظمه الحــرس الوطني سنوياً في الجنادرية، استقبل الملك عبد الله أعــضاء المجلس العلمي العالمي للمعهد، حيث تسلم هدية رمزية من المعهد (شكل 24)، تقديراً لرعايته ودعمه الشخصي المادي والمعنوي لتقنية النانو، وهي عبارة عن "جزيئات السيليكون النانوية اللامعة" luminescent silicon nanoparticles والتي كتب بها للمرة الثانية على مستوى جميع اللغات، ولأول مرة بحروف عربية عبارة "الملك عــبد الله بــن عبد العزيز: راعي النانو"، وحول هذه الهدية المميزة وهــذا الإنجاز العلمي الرائد، يقول البروفيسور منير نايفة من جامعة إيليــنوي الأميركــية ونائب رئيس المجلس العلمي العالمي للمعهد، والــذي قاد الفريق العلمي الذي قام بهذا الإنجاز، والذي قام بشرح تفاصيل هذه الهدية لخادم الحرمين الشريفين، "أن هذه الهدية المميزة تعــد نموذجاً لأول كتابة بالحروف العربية، تم تصميمه من جزيئات نانوية من مادة السيليكون، التي تتميز بشكل لامع متألق وبريق عال تحــت الأشــعة فوق البنفسجية، وأضاف "نايفة" أن هذا الإنجاز تم بجهــود متــضافرة بــين كل من فريق البحث الأميركي متمثلاً في البروفيــسور مــنير نايفــه ومــساعده مدير العمليات في شركته "نانوســيليكون" بهجــت الهريش من جامعة إيلينوي، وفريق معهد الملــك عــبد الله لتقنــية النانو متمثلاً في الدكتور محمد الصالحي والدكــتور عبد الله الضويان والدكتور منصور الحوشان، حيث تم الحــصول علــى جــزيئات الــسيليكون النانوية المضيئة من كتلة سيليكونية كبيرة باستخدام العديد من الطرق العلمية.



شكل (24): هدية "معهد الملك عبد الله لتقنية النانو" لخادم الحرمين الشريفين في افتتاح مهرجان "الجنادرية" في دورته الـ 24، وهي ثاني تجربة عالمياً للكتابة بالنانو على مستوى جميع اللغات

وللتعرف عن كثب على تقنية النانو وتطبيقاتها وإمكانياتها الهائلة، أعدت جامعة الملك سعود خطة لمنح تقنية النانو الصيفية البحثية لأعضاء هيئة التدريس وتم البدء الفعلي لتنفيذها وتم دعم مجموعة من أعضاء هيئة التدريس لقضاء فترات الصيف في مراكز متميزة لأبحاث النانو في دول مختلفه ولم تغفل الجامعة في استراتيجيتها دور الأبحاث ودعمها في مجالات النانو فأوجدت برنامج الدعم البحثي في تطبيقات وأبحاث النانو.

كما أن جامعة الملك عبد العزيز بجدة ممثلة في مركز التقنيات متناهية الصغر(النانو)، وتحت رعاية خادم الحرمين الشريفين الملك عبد الله بن عبد العزيز، قد نظمت في الفترة من 17 إلى 19 حزيران/يونيو 2008، المؤتمر الدولي للتقنيات متناهية الصغر(النانو) بعنوان "الفرص

والـــتحديات"، وشارك فيه نخبة من أبرز المتخصصين في علوم وتقنيات النانو على المستوى العالمي، وذلك يهدف فتح نافذة جديدة على آخر المـــستجدات في مختلف تخصصات تقنيات النانو والتركيز على الجوانب التطبيقـــية والفـــرص المتاحة في المملكة لبعض الصناعات الجديدة التي تعـــتمد أساســـا علـــى هذه التقنية، إلى جانب اتاحة الفرص للعلماء والمتخصصين في المملكة للإلتقاء بنظرائهم في العالم وبحث سبل التعاون العلمـــي والبحثي المشترك، وقد تناولت محاور المؤتمر التحديات العالمية والفرص لتقنيات النانو.

كما قامت جامعة الملك فهد للبترول والمعادن بالظهران، بتأسيس "مركـــز التميز البحثي في النانوتكنولوجيا"، بهدف توثيق العلاقات مع الجهـــات الصناعية وإعداد البرامج الأكاديمية والأنشطة البحثية في مجال تقنية النانو.

وتقوم جامعة الملك خالد بأبها بمشروع إنشاء "مركز بحثي علمي للمواد المتقدمة" لتحضير ودراسة وتطوير هذه المواد وإيجاد حلول ناجعة للمـــساهمة في التطويـــر العلمي والصناعي الذي تشهده المملكة العربية السعودية.

ويـــأتي هذا المركز تحت مسمّى "مركز بحوث علوم المواد المتقدمة" انسجاما مع أولويات التنمية وما يمكن أن تسهم به الجامعة في هذا الجانب مـــن خـــلال ماتتمتع به من إمكانات مما يؤهلها للارتقاء بالبحث العلمي والمنافسة العلمية محليا وإقليميا وعالميا، لاسيما وأن هناك توجه قوي لإنشاء خمـــس مدن صناعية في المملكة ولذا فإن علم المواد سوف يكون له دورا كبيرا في رسم مستقبل هذه المدن الصناعية ومستقبل التقنية بشكل عام.

ومـــن هـــنا تأتي أهمية إنشاء هذا المركز لتعزيز القدرة التنافسية للجامعة في مجال البحث العلمي المتميز للمساهمة في نقل وتوطين التقنية

في مجـــال علـــوم المواد المتقدمة إلى المملكة. وتهدف الجامعة من إنشاء المركز إلى تأسيس وتطوير الحركة البحثية والمنافسة في مجال علوم المواد المـــتقدمة في الأقسام العلمية التطبيقية بالجامعة ومن ثم ربط وإدارة هذه الـــبرامج البحثـــية في الأقسام المختلفة وتوحيد جهودها لتحقيق التميز المنـــشود، وتأسيس تعاون بحثي مع المراكز الدولية المتقدمة المماثلة من أجـــل تدريب وتأهيل الباحثين في الجامعة في أحدث التقنيات في علوم المـــواد المتقدمة وتبادل الزيارات بين الباحثين في الجامعة ونظرائهم في هـــذه المراكز وقامة ورش عمل بحثية مشتركة ومشاريع بحثية مشتركة وتهيئة البيئة البحثية المناسبة للباحثين في الجامعة لمنافسة نظرائهم في المجال البحثـــي للمـــواد المتقدمة عن طريق دعم المراكز بالتجهيزات البحثية المتقدمة. كما تهدف الجامعة من إنشاء المركز إلى استقطاب الشركات المرموقة في مجال تقنيات المواد المتقدمة لتأسيس حضانات تقنية بالجامعة على غرار المراكز المماثلة دوليا وتوثيق صلة الجامعة بالقطاعين الحكومي والخاص في المجال العلمي التطبيقي. وسيشمل المركز عدة وحدات بحثية منها، وحدة أبحاث تقنية النانو، ووحدة أبحاث محفزات النانو، ووحدة أبحـــاث البوليمـــرات، ووحدة أبحاث تطوير أجهزة وتقنيات جديدة، ووحـــدة أبحاث النمذجة والمحاكاة، ووحدة أبحاث السيراميك، ووحدة أبحاث النانو المركب "نانوكومبوزيت".

وفي شـــباط/فبراير 2008 أبرمت "مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية"، اتفاقية مع شركة "آي بـــي أم" IBM العالمية لإنشاء "مركز التميز البحثي للتقنية النانوية" Nanotechnology Centre of Excellence وتتيح الاتفاقية الموقعة بين المدينة وشركة "آي بـــي أم" لعلماء وباحثين مـــن مديـــنة "الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية" وشركة "آي بـــي أم" العمل المشترك على إجراء أبحاث متقدمة في العلوم والتقنيات النانوية في

مجالات تحلية المياه والطاقة الشمسية وتطبيقات البتروكيماويات كالمواد القابلة للتدوير وغيرها.

وبموجب هذه الاتفاقية التي تمتد لعدة أعوام سيعمل مجموعة من المهندسين السعوديين ونظرائهم في شركة" آي بي أم" في غضون السنوات القادمة، جنباً إلى جنب في معامل "آي بي أم" زيوريخ في سويسرا Zurich, Zwitzerland، وآلمادين بولاية كاليفورنيا Almaden, California، ويورك تاون هايتس في نيويورك Yorktown Heights, New York بالولايات المتحدة الأميركية ومركز التميز الدولي المشترك في مقر المدينة بالرياض في ثلاثة مجالات هي الطاقة الشمسية وتحلية المياه والتطبيقات البتروكيميائية مثل المواد القابلة لإعادة التصنيع..

يقول الدكتور "ويليام لافونتان" William LaFontaine نائب رئيس شركة "آي بي أم" لتطوير الأعمال والترخيص، أن العمل البحثي المشترك بين المدينة وشركة "آي بي أم" في مجال الطاقة الشمسية سيتضمن التركيز على مواد جديدة لتحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء، بينما سيركز البحث الخاص بمعالجة المياه على استخدام مواد جديدة جزئية لتحلية مياه البحر بطريقة التناضح العكسي، إضافة إلى تطوير طرق صناعية تركيبية جديدة لإعادة تدوير المواد البلاستيكية. وتندرج هذه المجالات ضمن الأبحاث العلمية التطبيقة التي لها مساس مباشر في توجهات المملكة نحو أبحاث تحلية المياه، وتحسين التقنية والطاقة الشمسية. ويقول سمو الدكتور تركي بن سعود نائب رئيس المؤسسات البحثية في مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، من الناحية الاستراتيجية تعد التقنية شديدة الأهمية بالنسبة إلينا. لقد فاتنا القطار في الماضي ولكننا نعتقد أنها فرصتنا الآن للحاق به والصعود على متنه لنكون جزءاً من هذا العالم المتقدم، ونرى أن شراكتنا مع "آي بي

أم" ستمكننا من ذلك. ويقول "بن سعود" أيضاً أن استخدام التقنية النانوية في صناعة المواد البتروكيميائية هي التي سيكون لها أكبر أثر على اقتصاد البلاد. كما يقول إن علينا أن ننظر بجدية إلى التقنية باعتبارها مورد لنا وليس النفط. سيعود هذا النوع من التقنية بالفائدة على العالم وسيساعد اقتصادنا على عدم الاعتماد على النفط". وستركز البحوث في مجال معالجة المياه على استخدام مواد جديدة بأغشية نانوية خاصة بمحطات التناضح العكسي المستخدمة في تحلية ماء البحر. بينما ستركز البحوث الخاصة بالطاقة الشمسية على استخدام مواد جديدة لتحويل ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية مباشرةً، وهي ما تعرف باسم "فوتوفولتايكس" Photovoltaics، وقد تمكنت السعودية بالفعل من استخدام تقنية النانو في المجالات التي تحقق أهداف التنمية في البلاد، فعلى سبيل المثال، حصلت "المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة" بمحافظة الجبيل بالمنطقة الشرقية على براءة اختراع من مكتب تسجيل براءات الاختراع والعلامات التجارية الأميركي، عن اكتشافها لأسلوب جديد لمعالجة مياه البحر باستخدام أغشية الترشيح النانوية متناهية الصغر، قبل وصول المياه إلى محطات التحلية العاملة بالطرق التقليدية "تناضح وتبخير"، ويعد هذا الاختراع نقلة واعدة بمستقبل مزدهر وآفاق واسعة لصناعة تحلية المياه المالحة في العالم، فبواسطته تم التغلب على العديد من المشكلات التي تعانيها طرق تحلية المياه التقليدية مثل التكلس وترسبات الأملاح وإتساخ معدات التحلية وتآكل المعادن والسبائك، وقد أثبتت الأبحاث العلمية والتجارب المعملية أن استخدام هذا الاسلوب يؤدّي إلى خفض ملوحة مياه البحر بنسبة تتراوح بين 20 إلى 60 بالمئة والتخلص من المواد العسرة مثل الكبريتات بنسبة تصل إلى 98 بالمئة وإزالة المواد العالقة والبكتيريا، وقد قام مركز الأبحاث والتطوير التابع

للموسسة بالدراسات النظرية والاختبارات المعملية والحقلية فيما يختص بتطويـــر المعالجة الأولية لمياه البحر، وتم إجراء التجارب على وحدات تجـــريبية باســـتعمال نظام "النانو – التناضح"، حيث أثبتت التجارب إمكانـــية إنتاج الماء العذب بنسبة استخلاص أعلى بكثير مما هي عليه الآن باستعمال الطرق التقليدية الفردية بدون النانو، حيث بلغت نسبة اســـتخلاص المـــاء العذب من مياه البحر بطريقة التناضح العكسي إلى حـــوالى 70 بالمـــئة، مقارنـــة بـــ 35 بالمئة بالطرق التقليدية، كما أن اســـتخدام الطاقـــة وتكلفـــة أنتاج الماء بطريقة "النانو – التناضح" قد انخفـــض إلى حـــوالى 30 بالمئة، وهناك ميزات أخرى لنظام "النانو – التناضـــح"، حيث يبقى فارق الضغط عبر الأغشية ثابتاً ومنخفضاً، مما يـــؤدِّي إلى أداء أفضل لأغشية التناضح ويزيد فترة تشغيلها، وحيث إن لهـــذا الأسلوب الجديد مزايا في تخفيض نسبة ملوحة مياه البحر وإزالة المواد العسرة، فتطبيقه على المحطات الحرارية سيؤدِّي إلى زيادة في إنتاج المـــاء المقطـــر عند التشغيل على درجات حرارة أعلى من 120 درجة مـــئوية، والى خفض كبير في استخدام الكيماويات التي كانت ضرورية للتشغيل بنظم تحلية مياه البحر الحالية.

وفي شـــباط/فبراير 2008، أعلنت مستشفى جامعة الملك عبد العزيـــز في جدة، عن إنجاز طبـــي – باستخدام تكنولوجيا النانو – ولأول مرة في الشرق الأوسط، سيفتح باب الأمل امام مرضى انسداد الـــشرايين، حـــيث تمكـــنت "وحدة العلاج تحت التحكم الإشعاعي" Interventional Radiology Unit بمستـــشفى جامعـــة الملـــك عبد العزيـــز، وباستخدام جهاز يدخل فيه تقنية النانوتكنولوجي مع الليزر، مـــن إجراء عمليات جراحية لمعالجة انسداد الشرايين Arteries وإزالة الجلطـــات clots وفـــتح انسداد شرايين الأطراف السفلية، ويعد هذا

الجهاز الأول في المنطقة العربية والمستخدم لعلاج شرايين الجسم، ويعد الثاني في المملكة بعد الجهاز الأول الموجود في مركز الأمير سلطان للقلب بالرياض لعلاج شرايين وأوردة القلب فقط.

كما نجح فريق بحثي من جامعة الملك فهد للبترول والمعادن بالظهران وبالتعاون مع الجامعة الإسلامية العالمية بماليزيا في تحقيق انجاز علمي يتعلق ببناء جهاز لإنتاج أنابيب الكربون النانوية متناهية الصغر، والذي يمثل بداية التطوير الفعلي لتقنية النانو ويفتح الأبواب أمام الباحثين من كل التخصصات لتحقيق انجازات جديدة في هذا المجال الحيوي. ففي نيسان/أبريل 2009 أعلن فريق بحثي من قسم الهندسة الكيميائية بجامعة الملك فهد للبترول والمعادن عن إنجاز علمي جديد في مجال تقنية النانو، يتمثل في التوصل إلى إنتاج نوعية عالية الجودة من أنابيب الكربون النانوية ذات صفات حرارية وكهربائية وميكانيكية فائقة، حيث وصل طول الأنابيب الكربونية متناهية الصغر إلى نصف مليمتر (500 ميكروميتر)، ويتراوح قطرها من 10 إلى 20 نانوميتر، وبتكلفة إنتاج منخفضة، وسوف يتم استخدام هذا المنتج في عدة تطبيقات في الصناعات البتروكيميائية Petrochemical Industries وتحسين مواصفات اللدائن Plastics (مثل الأوليفينات olefins، والبوليسترين polystyrene، والمطاط rubber)، وكذلك في عمليات معالجة المياه وتنقيتها والحفاظ على البيئة من الأضرار البيئية والصحية المترتبة على التلوث الصناعي للمياه وللحياة البحرية.

وباستخدام تقنية النانو تمكن فريق بحثي سعودي من تحقيق إنجاز علمي جديد يعد الأول من نوعه في المنطقة، وذلك عن طريق إنتاج وقود نظيف صديق للبيئة ورخيص الثمن يحسن نوعية كل من وقود الجازولين ووقود الطائرات والديزل. ففي تصريح صحفي في

22 تـــشرين الأول/أكتوبـــر 2008، أشار الأمير الدكتور تركي بن سعود نائب رئيس مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية السعودية لمعاهـــد الـــبحوث، إلى أن الانجاز يقوم على استخدام تقنية النانو لإنـــتاج الوقـــود النظيف الخالي من مركبات الكبريت والنتروجين والمـــركبات الأروماتـــية، وذلك بتفاعل مزيج من الغازات بأوزان جزيئية منخفضة عند ظروف تشغيل اقتصادية. وأوضح سعود أن أهمية هذا الإنجاز العلمي نظراً لما يحدثه احتراق الكبريت في الوقود المستخدم مـــن تلوث كبير عبر انبعاثات غازات ثاني أوكسيد الكبريت أو ثالث أوكـــسيد الكـــبريت في الجو، مبيناً أن الفريق البحثي يعمل حالياً على تسجيل طلب براءة اختراع لهذا المنتج على مستوى العالم. وكشف عن تـــوجه القوانين والتشريعات الدولية لإصدار مواصفات قياسية جديدة للحد من نسبة المركبات الأروماتية Aromatic Compounds ونسبة الكـــبريت في الوقـــود إلى حـــوالى 5 أجزاء في المليون في عام 2010، فـــيما تـــتخذ الـــولايات المـــتحدة حالـــياً إجراءات وقوانين صارمة لمـــنع اســـتخدام المـــادة المـــضافة للجازولين المعروفة باسم "ام ام تي" MMT (Methylcyclopentadienyl Manganese Tricarbonyl) لما تسببه من تلويث كبير للأنهار والبحيرات والمياه الجوفية.

وفي مجـــال اســـتخدام تقنية النانو في تطوير بحوث تنقية المياه لتوفيرها بصورة أسهل وأكبر للجميع، أعلنت مدينة الملك عبد العزيز للعلـــوم والتقنية وشركة "آي بـــي أم" IBM العالمية – من خلال مركـــز تقنـــيات الـــنانو الدولي المشترك – وذلك في أواخر شهر شباط/فبراير عام 2009، عن التوصل إلى اختراع جديد لتحلية المياه باســـتخدام تقنية النانو، يتمثل في تطوير أغشية جديدة تعتمد على الضغط الإسموزي العكسي، بإمكانها تنقية المياه من الأملاح والمواد

السامة بكفاءة وسرعة عالية، حيث تمكن الفريق البحثي المشترك بين المدينة والشركة من وضع مفهوم جديد للأغشية والمواد التي بإمكانها مقاومة الكلور، بالإضافة إلى قيامها بمهامها بجودة أعلى ودقة أفضل، مما يجعلها ملائمة لاستخدامها في إزالة المواد السامة، كما أنها لا تسمح بتراكم البكتيريا.

وفي موسم حج عام 1429 هـ، - في تجربة استطلاعية وبحثية - استخدمت أمانة العاصمة المقدسة(مكة المكرمة) وبالتعاون مع مركز أبحاث الحج بجامعة أم القرى، تقنية النانو في صناعة مادة مضادة للبكتيريا والفيروسات والفطريات، لخدمة ضيوف الرحمن بالمشاعر المقدسة، حيث يمكن رش هذه المادة على سجاد المساجد في مكة المكرمة والمشاعر المقدسة وخيام وإحرامات الحجاج وأماكن تجمع القمامة للتعقيم ومنع نمو الميكروبات.

وفي نيسان/أبريل 2009 أعلن في السعودية عن إطلاق شركة سعودية جديدة هي "الشركة السعودية لصناعة وتطوير أغشية النانو"، متخصصة في مجال الصناعات التقنية لأغشية النانو، وبرأسمال يتجاوز 266,6 مليون دولار، وذلك بعد مفاوضات ومشاورات مكثفة استمرت لمدة تزيد على ثلاث سنوات مع شركات عالمية متخصصة في صناعة أغشية النانو، توجت بتأسيس شراكة استراتيجية مع شركاء مستثمرين وعلماء متخصصين في هذا المجال، وستسعى الشركة إلى تطوير تقنية أغشية النانو وتصنيعها في مجال صناعات متعددة التقنية وبمعايير عالمية داخل السعودية، مثل صناعة تحلية ومعالجة المياه والصناعات النفطية ومجالات صناعة الأدوية والمواد الطبية والصناعات الزراعية والغذائية ومنتجات تقنية حماية وتلوث البيئة.

جهود الإمارات العربية المتحدة في مجال تكنولوجيا النانو:

لحرص دولة الإمارات العربية المتحدة على الاهتمام بتكنولوجيا النانو التي تعد تكنولوجيا المستقبل في كافة المجالات وتمثل مستقبل الدول وتشكل اقتصاد العالم، والتي تلعب دوراً متنامياً في العالم العربي، وأصبح هناك ضرورة لإيجاد وعي علمي وطلابي ومجتمعي بعلوم وأبحاث وتطبيقات تكنولوجيا النانو، تمثل اهتمام دولة الإمارات بهذه التكنولوجيا في الاهتمام المتزايد بالأبحاث التي تتناول مجال النانوتكنولوجي وتطبيقاتها، وفي استضافة والمشاركة في العديد من المؤتمرات والندوات وورش العمل، وإقامة العديد من الشراكات والاتفاقيات، وإنشاء مراكز لأبحاث وعلوم تكنولوجيا النانو في الجامعات. فعلى سبيل المثال تم تأسيس "مؤسسة الإمارات للعلوم والتقنية المتقدمة"، بموجب مبادرة من قبل حكومة دبي عام 2006، وتواصل مسيرتها في تعزيز خطى الدولة نحو تطوير اقتصاد قائم على العلم والمعرفة ودعم التنمية المستدامة والنمو الاقتصادي لدولة الإمارات، من خلال التركيز والحث على الابتكار العلمي والتطوير التقني، حيث تقوم المؤسسة بإنجاز عدد من المشاريع المستقبلية من بينها الأبحاث في مجال تقنية النانوتكنولوجي.

ومن بين المؤتمرات المهمة التي عقدت في الإمارات، المؤتمر الأول للنانوتكنولوجي الذي عقد في مدينة العين في العام 2006، بهدف تعريف المنطقة بالنانوتكنولوجي، وأيضاً "مؤتمر الشارقة الدولي الأول لتقانة النانو وتطبيقاتها العملية"، الذي عقد في الجامعة الأميركية في الشارقة في الفترة من 10 إلى 12 نيسان/أبريل 2007، ونظمته جامعة الشارقة والجامعة الاميركية في الشارقة، وبرعاية كريمة من صاحب السمو الشيخ الدكتور سلطان بن محمد القاسمي عضو المجلس الأعلى

حاكم الشارقة، وشارك فيه ما يزيد عن 200 عالم وباحث من أكثر من 20 دولة من دول العالم من بينهم ستة علماء بارزين على المستوى العالمي من أوروبا والولايات المتحدة وتناول المؤتمر مختلف جوانب النانو تكنولوجيا وعلى رأسها التطبيقات في مجالات الطاقة والصناعات الغذائية والبيئة والمواد الجديدة والهندسة الصناعية وتطبيقاتها.

وفي الفترة من 16 إلى 20 تشرين الثاني/نوفمبر 2008، نظمت كلية الهندسة بجامعة الإمارات، بالتعاون مع جامعة خليفة للعلوم والتكنولوجيا والبحوث في أبو ظبي، والقمة الخامسة للمنتدى الأسيوي لتكنولوجيا النانو، المؤتمر الدولي الثاني للنانوتكنولوجي تحت عنوان "الآفاق المستقبلية في المنطقة"، وذلك بمركز أبو ظبي الوطني للمعارض، وبرعاية ولي عهد أبو ظبي نائب القائد الأعلى للقوات المسلحة الفريق أول الشيخ محمد بن زايد آل نهيان، وقد نظمت القمة الخامسة لمنتدى النانو الآسيوي بدعم تقني من المنتدى الآسيوي لتكنولوجيا النانو ودعم من مؤسسة الإمارات للاتصالات، وشارك في القمة أكثر من 30 مشاركاً يمثلون وفود13 دولة أسيوية، لتحديد الاتجاهات الاستراتيجية والاقتصادية لتكنولوجيا النانو في آسيا للسنوات المقبلة، ويشارك في عضوية منتدى أسيا لتكنولوجيا النانو 13 دولة أسيوية، ويضم في عضويته أهم وأبرز علماء آسيا في هذا المجال الحيوي الجديد، وتعد الإمارات الدولة العربية والخليجية الوحيدة العضو في هذا المنتدى العلمي المتخصص، حيث شاركت كل دولة من الدول الأعضاء بثلاثة متحدثين في أعمال المنتدى، ومن بين أهداف استضافة ومشاركة دولة الإمارات في أعمال هذا المنتدى، إيجاد وعي علمي ومجتمعي وطلابي بمفهوم تكنولوجيا النانو، وقد اشتملت جلسات القمة على عدد من المحاضرات وورش العمل قدمها عدد من الخبراء

ذوي الإنجازات العلمية والتأثير في مجال البحث والتطوير في تكنولوجيا النانو، تناولت آخر ما توصلت إليه الأبحاث والتطورات والسياسات المتعلقة بتكنولوجيا النانو في دولهم، وورش مفتوحة عن تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجالات الطاقة والمياه، وآفاق التعاون المستقبلي بين المشاركين، حيث نظم معهد التكنولوجيا التطبيقية في أبو ظبي، بالتعاون مع جامعة خليفة للعلوم والتكنولوجيا والبحوث والمجلس الوطني للعلوم (يوان) بتايوان، ورشة عمل مشتركة بعنوان "تعليم تقنيات النانو للمراحل المدرسية"، تم خلالها دعوة 15 من أساتذة الجامعات ومعلمي المدارس المتخصصين في تدريس تكنولوجيا من مدارس تايوان لعرض تجارهم أمام نظرائهم من أساتذة ومعلمي مادة العلوم من مختلف مدارس الإمارات، لنقل خبراتهم العلمية والمعرفية في ما يتعلق بمناهج تعليم وتدريس تكنولوجيا النانو في جميع المراحل الدراسية في تايوان، حيث سيكون هؤلاء المعلمون النواة لتعريف طلاب الإمارات بمفهوم وماهية علم تكنولوجيا النانو ووفقاً للمقترح الذي تقدم به المشاركون في أعمال هذا المنتدى، ستقوم جامعة خليفة للعلوم والتكنولوجيا والبحوث بإنشاء "مركز لأبحاث وعلوم تكنولوجيا النانو" بمقر الجامعة في أبو ظبي.

وقد ركز مؤتمر الإمارات الدولي الثاني للنانوتكنولوجي على التطلعات المستقبلية لتقنية النانو في المنطقة، وناقش حوالى 132 ورقة علمية تناولت الجوانب الرئيسية لتكنولوجيا النانو وآثارها على المنطقة، حيث ركزت على 4 محاور رئيسية تضمنت، آليات إدخال تكنولوجيا النانو في المناهج الدراسية في أنظمة التعليم المختلفة، وخاصة بالنسبة إلى الأطفال، واستخدام تكنولوجيا النانو في حل أزمات المياه، واستخدام تكنولوجيا النانو في المنتجات الصيدلانية، والمستجدات في علاج

الأمراض السرطانية. وشاركت جامعة الإمارات في المؤتمر بعدة أبحاث عن استخدام النانوتكنولوجي ومنها بحث حول علاج الأورام والأمراض السرطانية. وقد افتتح المؤتمر معالي الشيخ نهيان بن مبارك آل نهيان وزير التعليم والبحث العلمي الرئيس الأعلى لجامعة الإمارات، وأعلن فيه أن جامعة الإمارات بصدد إنشاء "مركز الإمارات لعلوم وهندسة النانو"، وأن الهيئة الوطنية للبحث العلمي وافقت على تمويل هذا المركز كجزء من البنية التحتية التقنية، وسيسهم هذا المركز في أن تحقق الإمارات الريادة في مجالات النانو تكنولوجي، وكذلك في تطوير وتطبيق الاستراتيجية الوطنية لتقنية النانو، مع التركيز على المجالات ذات الأهمية الاستراتيجية للدولة، إضافة للدخول في شراكات مع كبرى مراكز البحوث على مستوى العالم. وأوضح أن الدولة أنشأت عدداً من المراكز المختصة في تكنولوجيا النانو للمشاركة في التطور العالمي، وأن هناك ضرورة لتكوين شراكات إقليمية وعالمية ليتسنى معرفة افضل الممارسات والخبرات الناجحة ودعم بحوث تقنية النانو وتطويرها في كل البلدان. وقال إن الإمارات تتفهم جيدا أهمية استخدام التقنية لتحسين رفاهية الإنسان وما يتطلب ذلك من التحليل المتعمق لكافة جوانب التقنية وإمكاناتها الهائلة، وتلتزم بتحقيق ذلك من خلال إنشاء الشبكات الوطنية والإقليمية والدولية للهيئات الحكومية والشراكات في مجالات التعليم ومؤسسات البحث العلمي التي من شأنها تسهيل عملية مشاركة وتبادل المعرفة ونقل التكنولوجيا.

ومن الندوات العلمية المهمة عن تقنية النانوتكنولوجي، والتي نظمتها إدارة المباني في "بلدية دبي" ضمن سلسلة برنامج التعليم المستمر وثقافة البناء، الندوة العلمية التي عقدت في تشرين الأول/أكتوبر 2005 حول "النانوتكنولوجي مفتاح القرن القادم"، ودعيت إليها كافة

الدوائــــر والمؤسسات المعنية بالصحة والبيئة وكليات الهندسة بجامعات الدولــــة، إضــــافة إلى المكاتب الاستشارية وشركات المقاولات بإمارة دبــــي. وتناولت الندوة محاور ثلاث جمعت بين الجانب البيئي والصحي والتقني متعرضة لمشاكل صحية وحلولها من خلال نماذج عملية لإحدى منتجات النانوتكنولوجي..

وفي الفترة من 8 إلى 10 حزيران/يونيو 2008، وفي مركز دبــــي العالمــــي للمعارض قام "معرض الفنادق في دبــــي" المتخصص في توفير مــــستلزمات قطــــاع الضيافة والترفيه، بتسليط الضوء على التطبيقات والمنــــتجات المــــستقبلية لتكنولوجــــيا النانو في الغرف الفندقية، والتي ســــتحدث ثورة حقيقية في عالم الفنادق، والتي من بينها استخدامها في إنتاج وسائد تومض في الظلام وأغطية سرير "ذكية" تقرأ درجة حرارة جــــسم النــــــزيل. وتــــأتي هذه التطبيقات نتيجة التطورات الهائلة في تكنولوجــــيا الــــنانو، حــــيث حقق علماء تكنولوجيا النانو اختراقات تكنولوجــــية كبرى ستقود قريبا إلى إنتاج خيوط "ذكية" قوية وخفيفة ومــــرنة لصناعة الملابس والأغطية، وأقمشة موصلة للكهرباء والحرارة ومقاومة للحشرات وتتمتع بأسطح صحية ولها أغلفة ذاتية التنظيف.

تــــشمل التطبيقات المحتملة للمواد النانوية أيضاً إنتاج أسطح حمامات مقاومــــة للبكتريا وأغطية سرير تقاوم التلف والأوساخ وتتكيف وفق راحة المــــستخدم، ووسائد تومض في الظلام حينما يقوم الضيف بالقراءة. ومن منــــتجات هــــذه التكنولوجيا أيضاً أغطية سرير "ذكية" تقرأ درجة حرارة الضيف وتعدل كمية حرارة الجسم لتوفير الراحة له. فحينما يقرأ الغطاء أن قدمــــي الضيف باردتان، يتم نقل الحرارة عبر "أنابيب نانوية" في الغطاء من مــــناطق مــــثل الصدر وتوجيهها إلى القدمين. وحينما يشعر الضيف بالحر "تتنفس" ألياف القماش بفتح المسامات وطرد الحرارة للخارج.

كما يمكن لعلماء النانو المساعدة في جعل الفنادق أقل كلفة وأكثر توفيراً لاستهلاك مصادر الطاقة وأكثر التزاما بالقواعد البيئية ومن أمثلة ذلـك الطلاءات "الشافية" التي تستطيع إزالة وتحييد الملوثات من الجو المحيط بالمبنى.

جهود قطر في مجال تكنولوجيا النانو:

في الفتـرة من 11 إلى 12 شباط/فبراير 2008، وتحت رعاية سمو الشيخ حمد بن خليفة آل ثاني أمير دولة قطر، افتتح ولي عهد دولة قطر الشيخ تميم بن حمد آل ثاني بالعاصمة القطرية الدوحة مؤتمر "الصناعات المعرفية وتقنيات النانو" تحت شعار "نحو اقتصاد عربـي متطور يرتكز علـى الصناعات المعرفية"، وكان الهدف الرئيسي منه تقديم الصناعات المعرفية لدول الخليج العربية وتقديم الخطة الاستراتيجية لها، ورسم خطة شـاملة لـدول مجلـس التعاون الخليجي للإبقاء على القدرة التنافسية لـصناعاتها في القرن الحادي والعشرين وتنويع مصادر اقتصادها خارج نطاق قطاع النفط والغاز. كما كان من أهداف المؤتمر التعريف بتقنيات النانو والتعرف على واقع أبحاث وتطبيقات هذه التقنية الحديثة في الدول العـربية وتقـديم موضوع الصناعات المعرفية ودورها في تحقيق التنمية والـتطور في الـوطن العربـي إلى جانب نشر الوعي لدى العاملين ومؤسـسات القطـاع الـصناعي حول إمكانيات تقنيات النانو وفقاً لمتطلبات برامج التنمية الصناعية في الدول العربية. وقد ركز المؤتمر على الصناعات المستقبلية ومنها صناعات النانو المتناهية الصغر ذات الكثافة التكنولوجـية العالـية والقيمة المضافة المرتفعة التي تعمل في إطار دور حـيوي في الـتحول نحو الاقتصاد المبني على المعرفة إلى جانب الدور المـستقبلي المبشر لتقنيات النانو في توفير ثروة صناعية كبيرة يتوقع لها

بدرجة عالية الدخول في تطبيقات كافة ميادين الحياة والأنشطة الاقتصادية.

وقد تناول المؤتمر ثلاثة محاور رئيسية هي:

المحور الأول:

- استراتيجية تطبيق الصناعات المعرفية في دول الخليج العربي: خارطة طريق للصناعة المعرفية نحو منظومات اقتصادية متطورة تعززها تكنولوجيا النانو
- استراتيجيات عالمية وعربية لتكنولوجيا النانو نحو الصناعات المعرفية
- المبادرات وبرامج البحوث وتطبيقات تكنولوجيا النانو في الوطن العربي
- تحديد الآليات التي يمكن استخدامها لتطوير القاعدة الصناعية العربية في مجال تكنولوجيا النانو

المحور العلمي:

- المواد متناهية الصغر (النانو): تركيبها وخصائصها
- الدقائق متناهية الصغر
- الإلكترونيات متناهية الصغر
- المواد المغناطيسية متناهية الصغر وتطبيقاتها
- أنابيب الكربون متناهية الصغر
- النمذجة والمحاكاة
- المواد المركبة متناهية الصغر
- تكنولوجيا النانو الطبية
- الحفز الكيميائي متناهي الصغر
- النانوتكنولوجيا (تقنيات النانو) في المياه والطاقة
- السمية في المواد متناهية الصغر.

التنمية الصناعية:

- تحديد أفضل الفرص للاستثمار في الصناعات المعرفية
- تسويق النانوتكنولوجيا (تقنيات النانو).

وقد ساهم في تنظيم هذا المؤتمر إضافة لمنظمة الخليج للاستشارات الصناعية بقطر (GOIC)، والمؤسسة العربية للعلوم والتكنولوجيا بالشارقة، والمنظمة العربية للتنمية الصناعية والتعدين بالمغرب، وعقد المؤتمر برعاية قطر للبترول، وسمارت غلوبال، والمجلس الأعلى للاتصالات وتكنولوجيا المعلومات في قطر، وقناة الجزيرة الفضائية.

وفي آذار/مارس 2008، افتتح "المنتدى الدولي حول الطب النانوي التطبيقي" الذي نظمته "مؤسسة قطر للبحوث" بمشاركة 20 خبيراً دولياً لتبادل الآراء حول التكنولوجيا النانوية وتطبيقاها المحتملة في المجتمع، وذلك بهدف توعية المجتمع القطري بأهداف الطب النانوي التطبيقي، وبناء شراكات في ميدان الطب النانوي لتحسين مستوى الرعاية الصحية والعلاج الأفضل للأمراض، وكذلك تعميم المعرفة باستخدامات التكنولوجيا النانوية وتعزيز البحوث في مجال التكنولوجيا النانوية وتطبيقاها للتوصل إلى علاج لعديد من الأمراض. وقد تركزت محاضرات المنتدى على تطبيقات الطب النانوي الكفيلة بتوفير علاجات مبتكرة للأمراض، بالإضافة إلى موضوعات تتمحور حول الطب النانوي مثل المسائل الأخلاقية والقانونية المرتبطة باستخداماته في علاج البشر.

جهود الكويت في مجال تكنولوجيا النانو:

في نيسان/أبريل 2006 أعلن أكاديميون وباحثون في جامعة الكويت عن انطلاق "تكنولوجيا النانو" في كلية العلوم بالجامعة، حيث تم افتتاح مختبرات تكنولوجيا النانو في وحدة الميكروسكوب الإلكتروني بالكلية.

وفي تشرين الثاني/نوفمبر 2006، قام "معهد الكويت للأبحاث العلمية" باستضافة "الندوة الدولية لتقنية النانو"، وذلك لتحقيق العديد من الأهداف، منها: التعريف بطبيعة تقنية النانو وتطبيقاتها في مختلف المجالات، وبدورها في دعم مسيرة التنمية في الدولة، والتعرف على التجارب الفعلية والقائمة حاليا في العالم في مجال تقنية النانو وتطبيقاتها والأبحاث المتقدمة فيها، وتوفير قاعدة لتبادل الأفكار بين العلماء والباحثين من جهة وبين القطاع الخاص وفتح الآفاق لفرص استثمار رائدة، وتشجيع أنشطة البحث والتطوير فيما يختص بتقنية النانو على المستوى الوطني والخليجي.

وقد تناولت محاور الندوة، التعريف بعلوم وتقنية النانو، وتطبيقات تقنية النانو في بعض المجالات، وتجربة المملكة الهولندية في استخدام تقنية النانو، والتوجه الوطني لاستخدام تقنية النانو. وقد استقطبت جلسات الندوة نخبة من كبار العلماء منهم من حصل على جائزة نوبل في الفيزياء، ودعي للمشاركة بها العديد من القطاعات الحكومية وغير الحكومية والقطاع الخاص، خصوصا الجهات العاملة في مجالات النفط والاقتصاد والتجارة والصناعة والعلوم الطبية والتكنولوجيا.

ويتجه "معهد الكويت للأبحاث العلمية" إلى استثمار هذه التقنية باستخدامها في مجالات معينة منها تكرير النفط وتقطير المياه، وذلك عن طريق إنتاج مواد محفزة لاستخدامها في عمليات الطاقة، كما سيساهم تطوير أغشية الترشيح النانوية في عمليات تقطير المياه لأنها اقتصادية وذات كلفة أقل من تلك المستخدمة حالياً.

وفي تشرين الثاني/نوفمبر 2008 عقد "معهد الكويت للأبحاث العلمية" ندوة عن "الصناعات المستقبلية وتطبيقات تقنيات النانو في الدول العربية"، وتعد الندوة الثالثة التي نظمتها "المنظمة العربية للتنمية

الـصناعية والتعدين في مجال تكنولوجيا النانو، لإبراز مدى أهمية هذه التكنولوجيا في مستقبل الصناعة العربية وشغف الباحثين بهذا الفرع من العلوم. وتناولت الأوراق المقدمة في الندوة استراتيجيات وخطط العمل التي اتخذت في العديد من البلدان العربية في مجال تكنولوجيا النانو، والتي مـن بينها ورقة عمل للدكتور محمد الإسكندراني المشرف على "مركز تكنولوجـيا الـنانو بالمعهـد، عن الآليات التي اتخذها المعهد من أجل تأسيس "مركز تكنولوجيا النانو" الذي يعد نواة "مركز الكويت الوطني لعلـوم وتكنولوجيا النانو"، إضافة إلى أهم المشروعات البحثية التي بدا المركز بها نشاطه العلمي بالتعاون مع جامعة الكويت وقطاعات البحث والتطويـر بالـشركات الوطنـية. بالإضافة إلى خطة المعهد في ضخ مخـرجات بحثـية مبتكرة تتعلق بتطبيقات تكنولوجيا النانو في المجالات الصناعية المختلفة بدولة الكويت.

كما تناولت الندوة العديد من الموضوعات من خلال مجموعة من الخـبراء الدوليين والعرب العاملين في مجال الصناعات المستقبلية وعلوم تقنـيات النانو وتطبيقاتها فضلا عن عرض التجارب العربية والدولية في مجال تنمية الصناعات المستقبلية وتطبيقات تقنيات النانو

جهود سلطنة عمان في مجال تكنولوجيا النانو:

في الفتـرة من 13 إلى 14 كانون الثاني/يناير 2008 أقامت سلطنة عمـان "ورشة عمل" عن تقنية النانوتكنولوجي، بالتعاون بين جامعة السلطان قابوس ممثلة بكلية العلوم قسم الفيزياء، واللجنة الوطنية للتربية والثقافة والعلوم، وبتمويل من المنظمة الإسلامية للتربية والعلوم والثقافة (إيسيسكو)، وشارك فيها حوالى 100 عالم وباحث من 30 دولة حول العـالم مـثل، إيـران وباكستان والسودان والأردن وجنوب أفريقيا

والمملكة المتحدة والهند وألمانيا، بالإضافة إلى مشاركين من دول مجلس التعاون الخليجي، وذلك بهدف تدريب المشاركين على استخدام الأجهزة الحديثة لتكنولوجيا النانو، وإيجاد سبل للتعاون الإقليمي بين الباحثين في هذا المجال، ورفع مستوى الوعي بأهمية النانوتكنولوجي، وزيادة البحوث في مجال النانوتكنولوجي بالمنطقة، وتمهد هذه الورشة لإقامة مؤتمر دولي حول النانوتكنولوجي يعقد بجامعة السلطان قابوس في عام 2009.

وقد قامت اللجنة المنظمة لورشة العمل بعقد جلسة إعدادية في 12 كانون الثاني/يناير 2008، شارك بها عدد من المدرسين تم اختيارهم من مدارس التعليم ما بعد الأساسي، وذلك بهدف تهيئتهم للورشة وجعلهم على اتصال مع القائمين على تقنية النانوتكنولوجي في الجامعة في المستقبل.

كما أن مجلس البحث العلمي العماني قد وافق في تشرين الأول/أكتوبر 2008 على تأسيس "كرسي تقنية النانو" في مجال "تحلية المياه" بجامعة السلطان قابوس، بناءً على توصية لجنة الكراسي البحثية بالمجلس، حيث تم اعتماد مبلغ ثلاثة ملايين وواحد وسبعين ألف ريال لتمويل البرنامج على مدى خمس سنوات.

جهود مصر في مجال تكنولوجيا النانو:

فى إطار خطة مصر للنهوض بمنظومة العلوم والتكنولوجيا والتي يقرها" المجلس الأعلى للعلوم والتكنولوجيا" الذي يترأسه رئيس مجلس الوزراء بهدف مواكبة أحدث التقنيات على مستوى العالم، قامت الحكومة المصرية، ممثلة في كل من وزارة الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات ووزارة التعليم العالي والبحث العلمي، بتوقيع عدد من

الاتفاقــيات مع شركةIBM العالمية، من بينها:اتفاقية إنشاء "أول مركز متخصص للنانو تكنولوجي" في مصر Nanotechnology Center بالـتعاون بــين وزارة الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات (هيئة تنمية صــناعة تكنولوجيا المعلومات) ووزارة التعليم العالي والبحث العلمي (صندوق العلوم والتنمية التكنولوجية) من جانب، وشركة IBM العالمية مــن جانــب آخــر وتنص الاتفاقية على إنشاء المركز المصري للتميز في تكنولوجيا النانو Egypt Nanotechnology Center (EGNC/IBM) في مصر الذي يعد الأول من نوعه في مصر وشمال أفريقيا. ويخدم المركز الجديد ثلاث أغراض رئيسية: الأول وهو تعليمي وذلك لإنشاء قاعدة علمــية مــن الباحثين في مجالات النانو تكنولوجي، والثاني وهو بحثي وذلــك عن طريق برامج مشتركة في البحوث والتطوير والابتكار، أما الغــرض الثالث فهو صناعي وذلك بالتعاون مع الشركات ومؤسسات الــصناعة لإخراج منتجات البحوث والتطوير للسوق المحلى والعالمي. وتــبلغ مــدة هذه الاتفاقية في مرحلتها الأولى ثلاث سنوات تبدأ من كانــون الــثاني/يناير 2009 واستثمارات مشتركة مقدارها حوالى 30 ملــيون دولار وتوفر من خلالها شركة IBM العالمية مجموعة عمل من المتخصــصين في النانو تكنولوجي وعددهم 12 متخصص بينما يرشح الجانــب المصري 12 متخصصاً للعمل سوياً يداً بيد في هذا المركز لمدة ثــلاث سنوات ويتفق الطرفان في نهايتها على استمرار التعاون في هذا المركــز طبقاً لمعدلات الأداء. كما تقوم شركة IBM بتدريب وتأهيل المتخصصين المصريين على هذه التكنولوجيا الحديثة بمركزها في نيويورك IBM Watson Center ومركزها في زيورخ بسويسرا لمدة عام ونصف. كمــا تم الاتفــاق على أن تشمل مجالات عمل المركز استخدام النانو تكنولوجي في ثلاثة مجالات هي:

1. المحاكـــاة ونمذجة برامج الكمبيوتر Simulation and Modeling Software
2. مـــصادر الطاقة البديلة Alternative Energy Sources (Thin Film Silicon Photovoltaics)
3. تحسين الطاقة لأغراض التحلية Energy Recovery for Desalination

وهى مجالات مرتبطة باستخدام النانو تكنولوجي في تطوير النظم التكنولوجـــية وخاصـــة في مجالات برمجيات النمذجة والمحاكاة والخلايا الـــضوئية الجديـــدة وتحلـــيه المياه. ويقوم فريق العمل المشترك بإجراء الـــبحوث في المجـــالات المذكورة عالية طبقاً لخطة بحثية مقترحة حيث قامت الشركة بالفعل بتسمية فريق العمل الخاص بها للبدء في المشروعات البحثـــية المشتركة اعتبارا من كانون الثاني/يناير 2009 على أن يتشارك الطرفان في أي عائدات للملكية الفكرية من هذه المشروعات المشتركة. كمـــا تم الاتفـــاق على إنشاء المركز بالتعاون مع جامعة النيل وجامعة القاهـــرة حـــيث تقوم جامعة النيل بالفعل باجتذاب عدد من الخبرات المصرية بالخارج في مجال النانو تكنولوجي ويتوفر بجامعة القاهرة بكلية العلـــوم نـــواة مـــن فـــريق متخصص عائد من الخارج في مجال النانو تكنولوجـــي حـــيث يركـــز فريق جامعة النيل على الجوانب الخاصة بتكنولوجـــيا المعلـــومات وتركز جامعة القاهرة على الجوانب الخاصة بالتطبـــيقات في مجـــالات الطاقة البديلة وتحليه المياه. تُنفذ الاتفاقية من الجانب المصري مساهمة بين هيئة تنمية صناعة تكنولوجيا المعلومات وصـــندوق العلوم والتنمية التكنولوجية التابع لوزير الدولة للبحث العلمي بالإضافة لمساهمات من جامعة القاهرة وجامعة النيل كما أن هذا المركز سيكون Cobranded باسم شركة IBM وباسم الجانب المصري سوياً.

كما تقوم شركة IBM بنقل الخبرة التكنولوجية والعلمية اللازمة والمساهمة في إعداد الخطة البحثية طبقاً لمتطلبات الأسواق العالمية في هذا المجـــال وتقوم الشركة أيضا بتوفير عدد 12 باحث متخصص للعمل بنظام Full Time بهذا المركز بالإضافة إلى توفير كل البنية المعرفية اللازمة لإتمام هـــذه الأعمال (access to IP (Intellectual Property. وتتولى الشركة أيـــضا بالتعاون مع الجانب المصري المساهمة في تسويق النتائج البحثية لجلب عائدات مناسبة ويقوم الجانب المصري بشراء المعدات والأجهزة اللازمـــة للمركـــز وتجهيـــز الغرف المخصصة المعروفة باسم "الغرف النظـــيفة" clean room، وهـــي مرافق خاصة لتصنيع وتركيب المواد والأجهزة عند مستوى النانو، حيث تنقي العوالق الهوائية التي يمكن أن تتداخل مع عملية التصنيع والتركيب، وتكتسب الغرفة النظيفة أهميتها مـــن أنـــه لا يمكن تصنيع تقنيات النانو المتقدمة إلا في إطارها ولاسيما التطبيقات الطبية والدوائية والإلكترونية للنانو.

وفي المركـــز القومي للبحوث في مصر، وضمن مشروع الطريق إلى نـــوبل، تقوم "مجموعة النانوتكنولوجي والمواد المتقدمة" بإجراء العديد من الدراسات والبحوث في مجال النانوتكنولوجي، في عدة مجالات منها، مواد السيراميك المتقدمة، والمحفزات، والطاقة، والمواد الحيوية المتقدمة، والبوليمرات المتقدمة ومركبات البوليمرات النانوية، والكيمياء الكهربية للمواد.

ويجـــري حالـــياً في مصر تجارب على استخدام تطبيقات النانو تكنولوجي في حماية المحاصيل الزراعية ومقاومة الآفات بدون استخدام مبـــيدات لتحـــسين خـــواص المنـــتج الزراعي المصري، وزيادة نسبة الصادرات للأسواق الأوروبية، والاستفادة من تطبيقات النانو في تحمل النبات للظروف المناخية وعدم توافر المياه، حيث تم الاتفاق علي إنشاء معمـــل للـــنانو تكنولوجي بالمركز الإقليمي للأغذية والأعلاف التابع

لوزارة الزراعة المصرية لإجراء البحث العلمي الزراعي في مصر، وذلك بالتعاون بين معهد الهندسة الوراثية بمركز البحوث الزراعية والجامعة الألمانية، ومعمل ديناميكيات الليزر بولاية جورجيا الأميركية. ويذكر أنه تجرى حالياً دراسات على تجربة سماد جديد باستخدام النانوتكنولوجي في حقول بالدلتا والصعيد في زراعات المحاصيل والبطاطس والخضر والفواكه وبنجر السكر، ويتميز هذا السماد الجديد بالنعومة الفائقة، ويوفر 75 بالمئة من كمية المياه وزيادة قدرها 50 بالمئة في الإنتاج، مع زيادة كثافة اللون الأخضر وزيادة مقاومة النبات للأمراض لاسيما التغيرات المناخية. وفي مصر أيضاً دراسات عن استخدام تطبيقات النانوتكنولوجي في أنشطة البحث عن البترول وحفر الآبار واستخراج الاحتياطات المتبقية بالحقول القديمة التي يصعب استخراجها بالأساليب التقليدية، وكذلك في زيادة معدلات إنتاج الزيت الخام والغاز الطبيعي وفي أنشطة البحث عن الثروات المعدنية خاصة الذهب وتطبيقاته.

ومن بين الإنجازات العلمية المهمة في مجال استخدام النانوتكنولوجي، استخدامها لتطوير صناعة الورق في مصر، حيث يمكن الاستغناء نسبياً عن استيراد لب الورق ذي الألياف الطويلة، وتصنيع ورق بمواصفات أعلى في الجودة بطرق حديثة ومتطورة، ففي شباط/فبراير 2009 أعلن في مصر عن تمكن فريق بحثي بالمركز القومي للبحوث من تحضير أنواع متطورة من الورق من ألياف نانومترية تم استخدامها من المخلفات الزراعية مثل قش الأرز ومصاصة القصب. ويتميز هذا النوع من الورق المحضر بتكنولوجيا النانو بمواصفات عالية الجودة والمتانة تتفوق على الورق المحضر بالطرق التقليدية، فقد تم التوصل من خلال النتائج الأولية للأبحاث إلى أنواع متطورة من الورق لها قوة شد تعادل من أربعة إلى خمسة أضعاف قوة الشد للورق المحضر صناعياً بالطرق التقليدية.

كما نجحت "مدينة مبارك للأبحاث العلمية والتطبيقات التكنولوجية" ببرج العرب، بالتعاون مع كل من الوكالة الدولية السويدية للتنمية وجامعة الإسكندرية، في استخدام تقنية النانو لفصل الخلايا الشمسية واستخدامها في نماذج مخصصة قادرة على تحويل جزيئات الضوء إلى إلكترونات تعمل على توليد الكهرباء. ويعدّ هذا الإنجاز ثورة علمية هائلة ستساعد على التنمية الاقتصادية في مجالات السياحة والزراعة والإسكان منها إقامة المجتمعات العمرانية الجديدة والقرى السياحية بالساحل الشمالي واستخراج مياه الآبار لزراعة الصحراء.

وقد نظم وعقد في مصر العديد من المؤتمرات والندوات التي تناولت تقنية النانوتكنولوجي، ففي أوائل شهر كانون الثاني/يناير 2009 نظم "المركز القومي للبحوث" في مصر المؤتمر الدولي الأول للمواد المتقدمة وتكنولوجيا النانو والبيوتكنولوجي، والذي تناول استخدام المواد النانومترية في تصنيع مواد ذكية للتعرف على الأمراض في مراحلها المبكرة، مما يسهل من علاجها بفاعلية، إضافة إلى الاستخدامات الأخرى في الزراعة والصناعة وتوليد الطاقة البديلة والحد من التلوث.

جهود الأردن في مجال تكنولوجيا النانو:

في عام 2004 أنشأت الأردن "الشبكة الوطنية للمواد المتقدمة والتكنولوجيا النانوية" بقرار من المجلس الأعلى للعلوم والتكنولوجيا، وبناءً على توصية من الأسبوع العلمي الأردني العاشر، وتهدف هذه الشبكة إلى إدخال تكنولوجيا المواد المتقدمة والتكنولوجيا النانوية للأردن عن طريق تنفيذ نشاطات بحثية متنوعة يقوم بها باحثون أردنيون في المؤسسات العلمية. وتم عقد العديد من الندوات للتعريف بالنانوتكنولوجي

في المجلس الأعلى للعلوم والتكنولوجيا، وتقديمه للمجتمع العلمي الأردني في الأسبوع العلمي الأردني العاشر، وكذلك في اليوم العلمي لكلية العلوم في الجامعة الأردنية عام 2006، وفي المؤتمر السنوي لجمعية أصدقاء البحث العلمي في الأردن عام 2007

وفي الفترة من 10 إلى 13 تشرين الثاني/نوفمبر 2008 نظمت "الجامعة الأردنية" في العاصمة عمان، "مؤتمر النانوتكنولوجي الدولي "تحت عنوان "المواد النانوية المطورة" وذلك بالتعاون مع، جامعة إيلينوي الأميركية في إربانا - شامبين، والمجلس الأعلى للعلوم والتكنولوجيا بالأردن، وجامعة الملك سعود بالسعودية، وقد تناول المؤتمر آخر التطورات والمستجدات والتطبيقات حول تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها ومجالات الاستثمار فيها، وقد تضمنت محاور المؤتمر الرئيسية، رؤية عامة حول تقنية النانوتكنولوجي والشراكات الدولية، ومجالات النانوتكنولوجي وتطبيقاتها قليلة التكلفة، وأبحاث وتطبيقات النانوتكنولوجي في الدول النامية، فقد تناول المؤتمر تطبيقات المواد المتقدمة في الصناعات الكيميائية والطب الحيوي والطاقة والإلكترونيات، كما تناول المؤتمر قضايا أخرى متعلقة بالنانوتكنولوجي مثل التعاون والشراكات وتبادل المعرفة والاستثمارات والمبادرات وحقوق الملكية الفكرية، وأيضاً الوسائل والأساليب الفعالة لتوعية عامة الجمهور بتقنية النانوتكنولوجي.

جهود تونس في مجال تكنولوجيا النانو:

في الفترة من 26 إلى 28 أيار/مايو 2008، افتتحت في تونس الأيام العلمية حول "علوم النانو وتكنولوجيات المستقبل" التي نظمها" المجلس الوطني للبحث العلمي والتكنولوجيا". والتي تميزت بحضور العديد من

الخبراء الأجانب، وذلك بهدف تحسين أداء البحوث العلمية لاستكشاف وتطوير النانوتكنولوجيا. وقد تضمنت أعمال هذه التظاهرة مداخلات حـــول معدات النانو والبيئة، ومعدات النانو والتطبيقات التكنولوجية، وتبادل التجارب وآفاق النانوتكنولوجيات وعلوم النانو في تونس.



الخاتمة والتوصيات

تقنـــية النانوتكنولوجي (التقنيات متناهية الصغر)، تعد أحد أهم الاتجاهـــات العلمية العالمية الحديثة الآن، فهي تكنولوجيا المستقبل التي ستغير وجه العالم في كافة مجالات الحياة، كما ستشكل مستقبل الدول واقتـــصاد العـــالم، حيث تحمل في طياتها إمكانات هائلة في العديد من المجـــالات مـــثل الـــصناعة والطاقـــة والمياه والطب والأدوية والعلاج والاتـــصالات والـــزراعة وصناعة الأغذية والاستراتيجيات العسكرية والأمـــن القومـــي والكمبيوتـــر والإلكترونيات، والبيئة، وغيرها من المجالات، التي تحدد الاتجاهات الاقتصادية والاستراتيجية عالمياً. ولذلك فهـــناك حالياً تنافساً وسباقاً وتمويلاً هائلاً ومتزايداً بين جميع دول العالم وبخاصة في الدول المتقدمة، في أبحاث وتطبيقات تكنولوجيا النانو، لأن من يحظى بقيادة تكنولوجيا النانو سيتحكم في الاقتصاد العالمي في القرن الحالي.

وهناك حالياً اهتماماً متنامياً في عالمنا العربـــي في الأخذ بمقومات أبحـــاث وتطبـــيقات تكنولوجـــيا الـــنانو، واللحـــاق بركب وسباق النانوتكنولوجـــي المتزايد، ووضع منطقتنا العربية كمشارك رئيسي في الطفرة العالمية لتكنولوجيا النانو، ويعد التعليم أحد أهم المداخل المهمة والمطالـــب الأساسية للمشاركة الفعالة في أبحاث وتطبيقات تكنولوجيا الـــنانو، وفيما يلي بعض الاقتراحات التي يمكن أن تفيد في دخول عالمنا العربـــي واللحاق بسباق النانو العالمي السريع:

أولاً: هناك ضرورة عاجلة لمبادرة عربية مشتركة موحدة في مجال النانوتكنولوجي، تشمل بناء قاعدة معلومات لتقنية النانوتكنولوجي في عالمنا العربي، تتضمن:

- حصر البرامج الوطنية والمبادرات والأبحاث والتطبيقات والاستثمارات الحالية المنجزة والمستقبلية قيد الإنجاز في مجال النانوتكنولوجي في الدول العربية.
- حصر اتفاقيات التعاون والشراكات الثنائية ومتعددة الأطراف بين الدول العربية في مجال أبحاث وتطبيقات تقنيات النانو، وكذلك بين الدول العربية والدول الأجنبية في مجال تكنولوجيا النانو.
- حصر المراكز العلمية المتخصصة في النانوتكنولوجي والأجهزة والأدوات والتجهيزات العلمية والمعملية المتوفرة في تكنولوجيا النانو في الدول العربية، ودعوتها للتعاون والعمل معاً في مجال أبحاث وتطبيقات تكنولوجيا النانو

ثانياً: ضرورة تأسيس "شبكة عربية للنانوتكنولوجي"، تكون عضويتها مفتوحة لكل المهتمين بأبحاث وتطبيقات واستثمارات تكنولوجيا النانو، تكون بمثابة "مرصد عربي" يرصد ويتابع عن كثب الأبحاث والتطبيقات الحالية والمستقبلية العربية والعالمية في مجال النانوتكنولوجي، وتحديد أولويات ومجالات البحوث والتطبيقات المهمة لعالمنا العربي في مجال تكنولوجيا النانو التي تخدم الاقتصاد الوطني في البلاد.

ثالثاً: ضرورة التوسع في نشر الوعي العلمي والطلابي والمجتمعي بمجال علوم وأبحاث وتطبيقات تكنولوجيا النانو، من خلال عقد المزيد من المؤتمرات والندوات وورش العمل والدورات التدريبية وتبسيط علوم وتقنيات وتطبيقات النانو من خلال الكتب العلمية المبسطة والمجلات

العلمية ووسائل الإعلام وإعداد مواقع في شبكة الإنترنت وإنشاء مراكز ووحدات بالمراكز العلمية والجامعات باسم "وحدة أو مركز الاتصال في العلم والتكنولوجيا" Communicating Science، تكون مهمتها تكثيف الاهتمام بإعداد أساليب ووسائل متميزة وفعالة في التوعية العلمية، فهناك حالياً اهتمام عالمي متزايد وبخاصة في الدول المتقدمة بالتوعية العلمية بمجال النانوتكنولوجي من خلال برامج متميزة في التربية العلمية لتوعية التلاميذ والطلاب وعامة الجمهور بتكنولوجيا النانو، وذلك لإدراك المسؤولين في هذه الدول بضرورة وأهمية أن تسير السياسة العلمية والتكنولوجية للدولة جنباً إلى جنب مع برامج التوعية العلمي لعامة الجمهور.

رابعاً: ضرورة التوسع في إنشاء شبكات للعلماء العرب، تتضمن حصر للعلماء والخبراء العرب العاملين في مجال النانوتكنولوجي في الداخل والخارج، وربط العلماء ببعضهم لتحقيق التعاون المشترك والفعال لتحقيق الفائدة من علوم وأبحاث وتطبيقات النانوتكنولوجي.

خامساً: ضرورة تشجيع واستقطاب المستثمرين ورجال الأعمال العرب للمشاركة في الإنفاق والاستثمار على أبحاث وتطبيقات النانوتكنولوجي.

سادساً: هناك ضرورة لتعليم وتدريس تكنولوجيا النانو في جميع المراحل الدراسية في المدارس والجامعات في عالمنا العربي، والاستفادة من خبرة الدول المتقدمة في هذا المجال، من خلال إقامة ورش عمل يتم فيها دعوة علماء وأساتذة متخصصين في تدريس تكنولوجيا النانو من الدول المتقدمة، لعرض تجاربهم أمام نظرائهم من أساتذة ومعلمي الدول العربية.

سابعاً: هناك ضرورة للانتباه واتخاذ عناية خاصة للأخطار والانعكاسات التي يمكن أن تنتج عن أبحاث وتطبيقات تقنية النانوتكنولوجي على صحة الإنسان والبيئة، وأهمية الاستخدام السليم والآمن لتطبيقات تكنولوجيا النانو في عالمنا العربي، واتخاذ تدابير احتياطية، فهناك مخاوف وتحذيرات عالمية حالياً من بعض أبحاث وتطبيقات تكنولوجيا النانو.

المـراجـع

الفصل الأول

(1) Newton, E. David (2002). Recent Advances and Issues in Molecular *Nanotechnology*. Connecticut Greenwood Press.

- *Nanotechnology: shaping the world atom by atom.* National Science and Technology Council, Washington, D.C.
- Stix, Gary (2001). "Little Big Science", *Scientific American*, September, vol. 285, no. 3, pp. 32-37.
- Ratner, Mark and Ratner, Daniel (2003) *Nanotechnology: A Gentle Introduction to the Next Big Idea*, New Jersey, Printice Hall.

(2) Hansen, C. Susan, Media Advisory: School of Engineering to host nanotechnology symposium July 19, 2001 News Release at: http://news-service.stanford.edu/pr/01/nanoadvance3711.html

(3) سلامة، صفات أمين: "العالم العربي الأميركي منير نايفة: تبشر تكنولوجيا النانو بثورة صناعية جديدة"، جريدة الشرق الأوسط، لندن، عدد (9612)، 23 آذار/مارس 2005، صفحة "علوم"، ص 22.

(4) Wilson, Michael et al. (2002). *Nanotechnology: Basic Science and Emerging Technologies,* Chapman & Hall/Crc, New York.

- Crandall, B.C. (Ed.) (1996). Nanotechnology: Molecular Speculations on Global Abundance, The MIT Press, Massachusetts.
- Stix, Gary (2001). "Little Big Science", *Scientific American,* vol. 285, no. 3, September, pp. 32-37.

(5) Feynman, Richard P. "There's Plenty of Room at the Bottom", at: www.its.Caltechedu/-feynman and www.zyvex.com/nanotech/feynman.html

(6) Binnig, G. and Rohrer, H. (1987). Scanning Tunnelling Microscopy-from Birth to Adolescence. Reviews of Modern Physics 59: 615-25.

- Eigler, D. and Schweizer, E. (1990). "Positioning Single atoms with a scanning Tunnelling Microscope", *Nature,* vol. 344, no. 6266, 5 April, pp. 524-526.

(7) Taniguchi, Norio and et al. (Ed.), (1996). Nanotechnology: Integrated Processing Systems from Ultra-precision and Ultra-fine products, Oxford University press, USA.

(8) Drexler, K. Eric (1986). *Engines of Creation*, New York; Anchor.

- Terra, Richard (1993). "Drexler's Dream Machines", *Visions*, vol. 9, no. 2, Spring.

(9) The Foresight Institute, www.foresight.org

- And Schechter, Bruce (2002). "They've seen the future and Intend to live it", The New York Times, July 16, p. f4.

(10) Iijima, Sumio (1991). "Helical microtubules of graphitic Carbon", *Nature*, 7 November, vol. 254, no. 6348, pp. 56-58.

- Danke, Shun (2004). "Sumio Iijima: A Leader in the field of nanotechnology", *Japan Close-Up*, vol. 9 (35), no. 2, Issue 98 (401), February, pp. 22-23.

(11) Clery, Daniel (1992). "Nanotechnoloy rules, OK!", *New Scientist*, 7 March, pp. 42-46.

(12) Sincell, Mark (2000) "NanoManipulator Lets Chemists Go Mano a Mano with Molecules", *Science*, 24 November, vol. 290, p. 1530

(13) Bonsor, Kevin and Strickland, Jonathan. "How Nanotechnology works", at: How stuff works "http://science.howstuffworks.com"

(14) Cao, Guozhong (2004). *Nanomaterials: Synthesis, Prperties, and Applications*, Imperial College Press, London.

- Roughley, David (2004). "Nanotechnology in a Nutshell", at: "www.nanotechbc.ca/Nanotech_Nutshell.pdf"
- Fabrizio, Enzo Di et ai. "Top-down and bottom-up nanofabrication for multipurpose application", Materials Research Society. at: www.mrs.org
- "Bottom-up Methods for Making Nanotechnology Products", Azonano, at: www.azonano.com
- Xiang Zhang, Cheng Sun and Nicholas Fang (2004). "Manufacturing of Nanoscale: Top-Down, Bottom-Up and System Engineering", *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 6, no.1, February, pp. 125-130.

(15) Vollath, Dieter (2008). Nanomaterials: An Introduction to Synthesis, Properties and Application, John Wiley & Sons, Ltd., NJ.

(16)- Clark, Lauren. (2004) "ISN Director Ned Thomas speaks on the promises and Challenges of Nanotechnology", at: "http://web.mit.edu/isn/newsandevents/nanotalk.html."

(17) "China becomes a Physics Powerhouse", *Physics World*, August 2008, vol. 21, no. 8.

(18) "Nanotechnology in China is focusing on innovations and new products", August 7, 2005 at: "www.physorg.com"

- "China Nanotechnology Revolution", at: "www.azonano.com"
- "Nanotechnology gets big in China", February 2007, at: "www.forbes.com"
- "Funding and Networks for Nanotechnology in China", at: "www.nims.go.jp"

(19) Roco, Mihail (2006). "Nanotechnology's Future". *Scientific American*, August, vol. 295, no. 2, p. 39.

(20) "Top Nations in Nanotech see their Lead Erode", Lux Research, March 8, 2007 at: "www.uxresearchinc.com"

(21) "U.S.A. National Nanotechnology Initiative (NNI)" at: "www.nano.gov"

(22) "New Supercomputing Center to Advance the Scienceof Nanotechnology", Rensselaer Polytechnic Institute, May 10, 2006, at: "http://news.rpi.edu"

(23) "The Israel National Nanotechnology Initiatives", at: "www.nanoisrael.org"

- Traubman, Tamara. (2005) "Technion to get $88m nanotechnology Institute", Haartez, February 7. at: "www.haaretz.com"

(24) "Russia to allocate $7.7bln for Nanotechnology until 2015". Russian News and InformationAgency Novosti (RIA Novosti) June 21, 2007. at: "http://en.rian.rulrussia/20070621/67613172.html"

(25) Singer, Peter and et al. (2005) "Nanotechnology and the Developing world", PLOS Med, April 12, 2 (5) at: "http://medicine.plosjournals.org"

الفصل الثاني

(1) سلامة، صفات أمين، أبوقورة، خليل قطب، تقديم د. فاروق الباز (2006): الخيال العلمي وتنمية الإبداع، ندوة الثقافة والعلوم بدبي، كتاب الندوة رقم (18)، الإمارات العربية المتحدة.

- سلامة، صفات أمين (2005) أسلحة حروب المستقبل بين الخيال والواقع، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، سلسلة "دراسات استراتيجية"، العدد (112)، أبو ظبي، الإمارات العربية المتحدة.

(2) Drexler, E. (1986). *Engines of Creations: The Coming Era of Nanotechnology*. New York: Anchor Press/Doubleday.
(3) Minsky, M. (1986) "Preface", ibid.
(4) Dann, Jack, and Gardner Dozois (1998) "Preface", in Nanotech, edited by Jack Dann and Gardener Dozois. New York: Ace Books, v-xii.
(5) Berne, Rosalyn W. (December 2005). "Ethics, Technology, and the Future: An Intergenerational Experience in Engineering Education", *Bulletin of Science, Technology & Society,* vol. 25, no. 6, 459-468.
(6) Erickson, Mark (2005) Science, Culture and Society in the Twenty-First Century. Malden, MA: Polity Press.
(7) Sturgeon, Theodore (1995). "Microcosmic God", in *Microcosmic God: the Complete Stories of Theodore Sturgeon,* edited by Paul Williams. Berkeley, CA: North Atlantic Books, vol. 2, pp. 127-56.
(8) Blish, James (2003). "Surface Tension", in *In This World, or Another.* Waterville, ME: Five Star, 326-410.
(9) Heinlein, Robert (1942). "Waldo", in *Three by Heinlein: The Puppet Masters, Waldo, and Magic, Inc.* New York: Doubleday, 1965, pp. 217-326.
(10) Milburn, Colin (2002). "Nanotechnology in the Age of Post-human Engineering: Science Fiction and Science. *Configurations,* 10, pp. 261-95.
(11) *Fantastic Voyage* (1966) 20th Century-Fox (US)
   - Asimov, Isaac (1966). *Fantastic Voyage*. Boston: Houghton Mifflin Company.
(12) Bear, Greg (1985). *Blood Music*. New York: Arbor House.
(13) Carver, Jeffrey A. (1988). *From a Changeling Star*. New York: Bantam Books.
(14) Stephenson, Neal (1995). *The Diamond Age*. New York: Bantam Books.
(15) Halperin, James L. (1998). *The First Immortal*. New York: Ballantine.
(16) Crichton, Michael (2002). *Prey*. New York: Harper Collins Publishers.
   - Dyson, Freeman (2003). "The Future Needs Us", *The New York Review of Books*", vol. 50, no. 2, 13 February at: "www.nybooks.com"

الفصل الثالث

(1) Mansoori, Ali (2005). *Principles of Nanotechnology*, NJ: world Scientific Publishing Co.

- "Popov, Valentin and Lambin Philippe (Ed.) (2005). Carbon Nanotube, NATO Science Series, Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on Carbon Nanotubes: From Basic Research to Nanotechnology, Bulgaria 21-31 May, Netherlands, Springer.
- "Supertubes", (2004). *IEEE Spectrum*, August, vol. 41, no. 8, pp. 40-45.
- Metz, Cade (2003). "Materials: Carbon Nanotubes", *PC Magazines*, July. at: "www.pcmag.com"
- Ball, philip (2001). "Roll up for the revolution", *Nature,* 8 November, vol. 414, no. 6860, pp. 142-144.

(2) "Reports: strong, Transparent, Multifunctional, Carbon Nanotube sheets", (2005). *Science*, 19 August, vol.309, no.5738, pp. 1215-1219.

(3) Smalley, Richard and Colbert, Daniel (2002). "Past, Present and Future of Fullerene Nanotubes: Buckytubes", In: Osawa, Eiji (Ed.), *Perspectives of Fullerene Nanotechnology,* Boston: Kluwer Academic Publishers, pp. 3-10.

- Smalley, Richard and Yakobson, Boris (1997). "Fullerene Nanotubes: C1,000,000 and Beyond", *American Scientist*, July-August, vol. 85, no.4, pp. 324-337.

(4) "Audacious and Outrageous: Space Elevators", (2000). September 7, NASA Science News Home at: "http://science.nasa.gov"

- 21st Century space Elevators: An Advanced Earth-Space Infrastructure, NASA workshop Report (2005), World Spaceflight News, Progressive Management.
- Edward, Bradley and Westling, Eric (2002) The Space Elevator: A Revolutionary Earth-to-Space Transportation System, California, Spageo Inc.

(5) Song, Jin-won et al. (2008). "Inkjet Printing of single-walled Carbon Nanotubes and Electrical of the line pattern", *Nanotechnology,* 5 March, no. 9.

(6) " Nanotubes enter flat-panel display market", May 23, 2005 at: http://nanotechweb.org"

- Carbon Nanotubes Made Into Conductive, Flexible. 'Stained Glass'", Northwestern University, NewsCenter, April 9, 2008

at: “www.northwestern.edu/newscenter”and ScienceDaily: “www.sciencedaily.com”

(7) “ The 10th Foresight conference on Molecular Nanotechnology, 10-13 October, 2002. Foresight Nanotech Institute at: “www.foresight.org/conferences”

(8) Cao, Qing et al. (2008) “Medium-Scale Carbon Nanotube thin-film integrated Circuits on flexible plastic”, *Nature*, 24 July, 454, pp. 495-500.
- “Nanonet Circuits closer to making flexible electronics reality”, Purdu University, Purdu news Service July 23, 2008 at: “http://news.uns.purdue.edu”

الفصل الرابع

(1) “ Russia Eyes 4 Percent of Nanotech Market”, Kommersant, Russia's Daily Online, Feb. 05, 2008. at: “www.kommersant.com”

(2) Singer, Peter et al. (2005) “Nanotechnology And the Devoloping World”, PLOS Medicine, PLOS Med2 (5) e97 at: “http://medicine.plosjournals.org”

(3) “ Nanotechnology Now used in Nearly 500 Everyday Products”, May 23, 2007, The Project on Emerging Nanotechnologies at: “www.nanotechproject.org/consumerproducts”

(4) Pradeep, T and Burgi, Birgit (2006) “Societal implications of nanoscience and nanotechnology in developing countries”, Current Science, 10 March, vol.90, No.5 645-658 and “www.dstuns.iitm.ac.in/listpdf/147.pdf”

(5) Maney, Kevin, (2000) “No need to fear: Nanotechnology is near”, USA Today, October 24, Tech Report.

(6) Gartner, John, (2006) “Nano Coatings paint Green Future”, *Wired*, 10 Feb, at: “www.wired.com”
- “Nanotechnology Applications: see what's in our lab and find out what's new in Nanotechnology”, at: “www.ecologycoatings.com”
- Nanocrystalline Silver Technology- Nucryst Pharmaceuticals. At: “www.nucryst.com”
- *Future Medicine-Nanomedicine*, October 2006, vol. 1, No.3, pp. 311-319.

(7) Naturalnano:www.naturalnano.com
- “Natural Nano paint blocks cellphone signals”, Mar. 2006. at: www.engadgetmobile.com

(8) “Anti-graffiti paint: The writing is off The wall”, *The Economist*, 30 Oct. 2003.
- Finton, Nancy (2004), “Writer's Block”, Science World, March 22.

(9) Daoud, w. and Xin J. (2004), "Nucleation and Growth of Anatase Crystallites on Cotton Fabrics at Low Temperatures", *Journal of the American Ceramic Society*, May, Vol.87. No.5, pp. 953-955.

- Seeger, Stefan et al (2008), "A Simple, One-Step Approach to Durable and Robust Superhydrophobic Textiles", *Advanced Functional Materials*,Vol.18, No.22, pp. 3662-3669.
- Evans, Jon (2008) "Nanotech clothing fabric 'never gets wet', New Scientist , 24 November. At: "ww.newscientist.com"
- Nano-Tex Company: Fabric to the Next. at: "www.nano-tex.com"

(10)"Iogear GME227RW6 wireless Laser Mouse with Nano Coating Technology", Iogear's wireless, at: "www.iogear.com/product/GME227Rw6/"

(11)"Some Examples of how nanotechnology impacts our lives now", 29 March 2008 at: "www.nanotech-now.com"

- "Nanocomposite in tennis balls lock in air, build better bounce", January 29, 2002 at: "www.smalltimes.com"
- "Current uses of nanotechnology at or near market", at: "www.yourguideto.org.uk"

Sherman, Lilli (2007) "Nanocomposites: Less Hype, More Hard Work on Commercial Viability", Plastics Technology, May, at: "www.ptonline.com"

Londa, Michelle, "Nanocomposites: New Materials and Improved Applications" at: "www.merid.org/nano"

(12)"NanoDynamics Acquires Nanocomposite Intellectual Property from Atomic Scale Design, INC.", October 4, 2004 at: "www.nanotech-now.com" and "www.nanodynamics.com"

- "Quasam: Advanced Carbon-Based Nano-Structured Films", at: "www.ndlifesciences.com/files/quasam.pdf"

(13) Sanders, Robert, "Single Nanotube makes world'd smallest radio", 31 October 2007, University of California, Berkeley UC Berkeley News, at: www.berkeley.edu/news/media/releases/"

- Zetti, Alex et al. (2007), Nanotube Radio", Nano Lett., 7 (11), pp. 3508-3511,
- Nanotube Radio: Supplementary materials", Zetti Research Group, at: "www.physics.berkeley.edu"
- Patel-Predd, Prachi (2007). "The world's smallest Radio: A tiny radio made out of a single nanotube could find use in biological and environmental sensors", Technology Review, 6 November, at: "www.technologyreview.com"

(14) Argonide Advanced Filtration Technologies at: "www.argonide.com"

(15)"Samsung Silver Nano Health System Gives Free play to its 'silver' Magic", May 29, 2005. Samsung, Press Center at: "www.samsung.com"

- "Samsung launches first-of-a kind Silver Nano technology-embedded home appliances in Middle East." April 17, 2005. AMEInfo, United Arab Emirates. At: "www.ameinfo.com"

(16) Yeo S. Y.andJeong, S.H. (2003). "Preperation and Characterization of PP/Ag NanocompositeFibers", *PolymerInternational*, 1 July, vol.52, No.7, pp. 1053-1057.

(17)"Russian Nanotech pulls up it socks", September 13, 2008 Russia Today, at: "www.russiatoday.com"

(18)"Bunkley, Nick (2004). "Cars of the future to be assembled Atom by atom", The Detroit News. 14 June, at: (www.detnews.com)

- "Nanotechnology in future cars", 28 September. 2005 at: "http://nanotechwire.com"
- "Nanotechnology is the key for the Automotive Industry for a Sustainable Development and Growth", 17 October, 2007 at: "www.prlog.org"
- "Nanotechnologyin yourcar", 22 March.2006, at: "www.drivers.com"

(19)"Windshield wipers replaced with nano Coatings", 25 February 2008, at: "www.product-reviews.net"

(20)"Rice Scientists build world'd first single-molecule Car", 20 Octobe2005. Rice University/ News and Media at: "http://media.rice.edu"

- Tour, J. M. et al.(2005). "Directional Control in Thermally Driven Single-Molecule Nanocars", *Nano Letters*, 5(11), pp. 2330-2334.

(21)" Nano-fuel Technology Developed in China", 28April 2004, at: "www.azonano.com"

-" Beijing developed advanced nano-fuel technology reducing tail gas by half."
- "Mazda cuts costs by cutting precious metals in converter", 9 Jan. 2009 , at: "www.autonews.com"

(22) Apple at: "www.apple.com"

(23)"The Morph concept: The future of mobile", Nokia, at: www.nokia.com

- Walko, John (2008) "Nokia exhibits nanotech-based phone concepts", 25 February, EE Times at: "www.eetimes.com/news"

- Walko, John (2007) "Nokia calls on Cambridge University for nanotech R and D", 7 March. EE Times at: "www.eetimes.com/news"
- "Nokia and University of Cambridge to partner on research", 7 March. University of Cambridge to partner on research", 7 March. University of Cambridge/News at: "www.admin.com.ac.uk"

(24) "China develops first Nano-satellite", 19 April 2004. People's Daily Online, at: "http://english.peopledaily.com.cn"
- "Nano- Satellites - Future of the Future", Russia-IC, 20 September 2007, at: "http://russia.ic.com"
-" Nano satellites are the future: Experts", The Times of India, 29 April 2008 at: "http://timesofindia.indiatimes.com"

(25) "NASA Ames Partners with M2MI for Small Satellite Development", "NASA, 24 April 2008, at: www.nasa.gov/home/hqnews"
- "Israel plans launch of nano-satellites as low cost alternative to GPS satellites", World Tribune, 27 Nov. 2008 , at:"www.worldtribune.com"

(26) "Nanotechnology gives sensitive read-out heads for compact hard disks", The Nopel Prize in Physics 2007, Noble Prize. Press Release 9October 2007 at: "http://nobelprize.org"

(27) "Two Break thoughts Achieved in Single-Molecule Transistor Research; Results Promise Advances in Nanoscale Electronics. National Science Foundation at: "www.nsf.gov"
- McEuen, Paul et al.(2002) "Coulomb blockade and the Kondo effect in single-atom transistors", *Nature,* 13 June, 417, pp.722-725.
- Park, H. et al., (2002) "Kondo resonance in a single-molecule transistor", *Nature*, 13 June, 417, pp. 725-728.

(28) "Intel Demonstrates Industry's First 32 nm Chip and Next-Generation Nehalem", Intel News Release, 18 September 2007 at: "www.intel.com"

(29) "The Future of Computing- Carbon Nanotubes and superconductors to replace the silicon chip", Institute of Physics (IOP), Press Releases, 28 March 2008, at: "www.iop.org/media"
- "Scientists make advances on "nano" electronics", Reuters, 19 Feb. 2009, at: "www..reuters.com"
- Levy, Jeremy, et al. (2009) "Oxide Nanoelectronics on Demand", Science, 20 Feb., vol.323, no. 5917. pp. 1026-1030.

(30) Marks, Paul (2008) "IBM creates working racetrack memory device", New Scientist, 10 April, at: "http://technology.newscientist.com"

(31) "Scientists develop new nano-scale chip circuitry technology", Today's Korea. Science/Tech. April 2, 2008 at: "www.korea.net/news"

(32) Maxcer, Chris (2007) "Hitachi Paves the Way to 4-Terabyte Hard Drives", TechNewsworld, 15 October, at: "www.technewsworld.com"

- "Drive advance fuels terabyte era", BBC News, 15 October 2007 at: "http://news.bbc.co.uk"
- "Hitachi Accelerates the "Tera Era" With Delivery of New Power-Efficient Terabyte Hard Driver, Reuters, 9 July 2008 at: "www.reuters.com"

(33) Ezziane, Z. (2006)." DNA computing: applications and challenges", Nanotechnology, 17, R27-R39, at: "www.iop.org/ej"

- KaewKamnerdpong, Boonseim and Bentley, Peter. "Computer Science for Nanotechnology: Needs and Opportunities", Department of Computer science, University College London, UK at: "www.cs.ucl.ac.uk"
- "Challenges of DNA Computing" Explore DNA at: "www.exploredna.co.uk"

(34) Stober, Dan (2007) "Nanowire battery can hold 10 times the charge of exiting lithium-ion battery", Stanford University, Stanford News Service, 18 December 2007 at: "http://news-service.stanford.edu/news"

(35) Lausch, Vanessa "Is Chlorine Good for You?", ECO. Mail: A Place to Help Save the Earth at: "www.ecomail.com"

- "The Effect of Chlorine", at: "www.ionizers.org"
- "The Effects of Chlorine in your Water", at: "www.netstarter.comall"

(36) "Water Purification", Lenntech, at: "www.lenntech.com"

- Membrane Systems for Wastewater Treatment, Water Environment Federation, WEF press, VA, USA, 2005.

(37) Diallo, Mamadou Spence et al. (ed.) *Nanotechnology Applications for Clean Water: Solutions for Improving Water Quality* (Micro and Nano Technologies), William Andrew Publishing, January 2009.

- "Clean Water with Nanotechnology Based Water Treatment Process", AZO Nanotechnology, 21 February 2008 at: "www.azonano.com/News"
- "Water, Nanotechnology's Promises, and Economic Reality", August 15, 2007 at: "www.nanowerk.com"

- Theron, J, Walker, JA, Cloete, TE (2008) "Nanotechnology and Water Treatment: applications and emerging Opportunities", *Crit Rev. Microbiol*, 34, pp. 43-69.
- Zhang, Wei-Xian (2005) "Nanotechnology for Water Purification and Wate Treatment", Frontiers in nanotechnology, Millenium Lecture Series, July 18, Washington D.C. at: "http://es.epa.gov"
- Atlas Aqua at: "www.atlasaqua.com"

(38) Sargent, Ted (2006) The Dance of Molecules: How Nanotechnology is Changing our Lives. Thunder's Mouth press, new York.

- "Sargent, Edward Hartley: King Abdullah University of Science and Technology Award: Nanotechnology for Solar Energy", at: "www.Kaust.edu.sa"

(39) Kloeppel, James E. (2007) "Silicon Nanoparticles Enhance Performance of Solar Cells", University of Illinois at Urbana-Champaign, News Bureau, 20 August 2007 at "http://news.illinois.edu/news" and "http://engineering.illinois.edu/"

(40) Bullis, Kevin (2007) "Tiny Solar Cells: Photovoltaics made of Nanowires could lead to cheaper Solar panels", *Technology Review*, October 18, 2007, at: "www.technologyreview.com"

(41) "Crystals Shed Light on Solar Energy", Australian Associated Press (AAP) May 28, 2008, at: "http://news.theage.com.au"

- "Australian, Chinese Researchers make breakthrough in Renewable Energy Materials", May 29, 2008 at: "http://news.xinhuanet.com"
- Yang, Hua Gui, et al.(2008) "Anatase TiO2 single crystals with a large percentage of reactive facets", *Nature,* 453, 29 May, pp. 638-641.

(42) "Nanogenerator Provides Continuous Power by harvesting Energy from the Environment", Science Daily, April 6, 2007 at: "www.sciencedaily.com"

(43) "Power Shirt: Nanotechnolgy in Clothing could Harvest Energy from Body Movement", Science Daily, February 14, 2008, at: "www.sciencedaily.com"

(44) Konarka Technologies, at: "www.Konarka.com"

- "Konarka Technologies is Changing How Solar Power is Made and Used", Energy Priorities, April 21, 2005 at: "http://energypriorities.com"

(45)" Beyond Nano Breakthrough, MIT Team Quietly Builds Virus-Based Batteries", Popular Mechanics, August 28, 2008 at: "www.popularmechanics.com"

- Thomson, Elizabeth (2008) "MIT Engineers work toward cell-sized batteries", MIT News, August 10, 2008 at: "http://web.mit.edu/newsoffice"
- Zhang, Hao et al. (2008)" Growth of Manganese Oxide Nanoflowers on Vertically-Aligned Carbon Nanotube Arrays for High-Rate Electrochemical Capacitive Energy Storage", Nano Letters,vol. 8, no.9, pp. 2664-2668.

(46)"Nanotechnology in Agriculture and Food", Nanoforum Report, May 2006 European Nanotechnology Gateway at: "www.nanoforum.org"

- "Out of the Laboratory and on to our plates: nanotechnology in Food and Agriculture, "Friends of the Earth, Australia, Europe and U.S.A., March 2008, at: "www.foeeurope.com"

(47)Naotechnology at BASF: A great future for tiny particles", at: "www.basf.com" and "www.nanotech-now.com"

(48)NutraLease: Nano Encapsulation to Improve Bioavailability, at: "www.nutralease.com"

(49)" China Nano-Products, Nano-Tea, Nano-Technology, Tea-China products catalog", at: "www.made-in-china.com"

- Qinhuangdao Taiji Ring Nano-Products Company Limited, at: "www.369.com.cn"
- "China: will Nano Selenium Help prevent Avian Pandemic?" Healthy news Service, February 17, 2006 at: "www.healthy.net"

(50)Voss, David (2000) "Nanomedicine Nears the Clinic", Technology Review, January, at: "www.technologyreview.com"

- Freitas, Robert A. (2001) "Nanomedicine", IMM Report Number 25, Institute for Molecular Manufacturing (IMM), at: "www.imm.org"
- Park, Hye Hun, Jamison, Andrew C. and Lee, Randall, T. (2007) "Rise of the Nanomachine: the evolution of a revolution in medicine", *Nanomedicine,* August, vol.2, no.4, pp. 425-439.
- Medvedeva, N.V. et al.(2007) "Nanobiotechnology and Nanomedicine", *Biomedical Chemistry*, June, vol.1, no.2, pp. 114-124

(51) Webster, Thumas (2007) "An Overveiw of Nano-Polymers for Orthopedic Applications", *Macromolecular Bioscience*, May, vol.7, No.5, pp. 635-642.

- Webster, Thomas (2007) "Nanomedicine for Treating organ Failure", 4 October. National Center for Learning and Teaching in Nanoscale Science and Engineering, (NCLT) Seminar Series. NanoEd Resource Portal, at: "www.nanoed.org/seminar/"
- Webster, Thomas (2008) "Biomaterials and Nanotechnology for Tissue Engineering", June 1, Course in the Nano Industrial Impact Workshop, Nano Science and Technology Institute at: "www.nsti.org"

(52) Samson, Kurt (2001) "Nanomedicine: The New Frontier", July 23, at: "www.lef.org"

(53) "Nanotech Promises Big Things for Poor—but will promises be kept? Project on Emerging Nanotechnologies, Woodrow Wilson International Center for Scholars, News Release, February 27, 2007, at: "www.nanotechproject.org"

- National cancer Institute: NCI Alliance for Nanotechnology in cancer. At: http://nano.cancer.gov

(54) Ernest, Herbert and Shetty, Rahul (2005) "Impact of Nanotechnology on Biomedical Sciences: Review of Current Concepts on Convergence of Nanotechnology with Biology, May18. AZO Nanotechnology at: "www.azonano.com"

- Navalarhe Rajshri M. and Nandedkar Tarala D. (2007) "Application of Nanotechnology in Biomedicine", *Indian Journal of experimental biology*, vol. 45, No.2, pp. 160-165.
- Malsch, Neelina (Ed.) (2005) *Biomedical Nanotechnology*, CRC Press Taylor and Francis Group.
- Delude, Cathryn M. (2005)

(55) "MIT engineers an anti cancer smart bomb", Massachusetts Institute of Technology, MIT News July 27, at: "http://web.mit.edu/newsoffice"

- Sengupta, Shiladitya et al. (2005) "Temporal Targeting of tumour cells and neovasculature with a nanoscale delivery system", Nature, 436, 28 July, pp. 568-572.

(56) El-Sayed, Mostafa et al. (2007) "Gold Nanoparticles and nanorods in Medicine: From cancer diagnostics to photothermal therapy", *Invited Review*, nanomedicine, 2(5), 681-693.

- El-Sayed, Mostafa, Huang.x.H and El Sayed, I.H. (2005) "Surface Plasmon resonance scattering and absorption of anti-

EGFR antibody conjugated gold nanoparticles in cancer diagnostics: applications in oral cancer", *Nano Letts*, 5(5), 8 29-834.

- El-Sayed, Mostafa et al. (2006) "Cancer cell imagiing and photothermal Therapy in near-infrared region by using gold nanorods", *Journal of American Chemical Society,* vol.128, pp. 2115-2120.

(57)Caruso, Frank et al. (2008) "Templated sythesis of single-component polymer capsules and their application in Drug Delivery", *Nano Letts*, 8(6); pp. 1741-1745

(58)"Nano-Oncology: Designing nanosize molecules that seek out and infiltrate cancer cells", Synthesis , A publication of the University of California Davis Cancer center at: "www.ucdmc.ucdavis.edu/synthesis/issues/"

- "Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL), UC Davis team up to fight cancer", (2006) Lawrence Livermore National Laboratory, Public Affairs, Newsroom: Science Features, at: "https://publicaffairs.llnl.gov/news/sciencefeatures"

(59)"New oral angiogenesis inhibitor offers potential nontoxic therapy for a wide range of cancers", Children's Hospital Boston, News Room, June 29, 2008, at: "www.childrenhospital.org"

(60)"Nanotechnology offers hope for treating spinal cord Injuries, Diabetes and Parkinson's Disease, Northwestern University", McCormick School News, April 27, 2007, at: "www.mccormick.northwestern.edu/news"

- "Nanotechnology May be Used to Regenerate Tissues, organs", Science Daily, May 7, 2007, at: "www.sciencedaily.com"

-" Uc San Diego engineers develop novel method for accelerated bone growth", Jacobs Shool of Engineering, News Releases, 29 January, 2009. at: "www.jacobsschool.ucsd.edu/news"

- "Bone Growth Accelerated with Nanotubes and Stem Cells", Science Daily, 1 Feb., 2009. at: "www.sciencedaily.com"

(61)"University of Central Florida Nanoparticles offers promise for treating Glaucoma", University of central Florida news June 15, 2007, at: "http://news.ucd.edu/ucfnews"

(62)"Sandia researchers to model nano-size battery to be implanted in eye to power artificial retina", Sandia national Laboratories. News Releases, January 12, 2006, at: "www.sandia.gov/newds-center"

(63) Lee, Ki Bang (2005) "Urine-activated paper batteries for bio-systems", *Journal of Micromechanics and Microengineering*, September, Vol.15, No.9, pp. 210-214.

- Chu, wai Lang (2005) "Scientists create urine-powered battery", Lab Technologist, News Headlines: Applications, 18 August, at: "www.labtechnologist.com/applications/"

(64) "Breakthrough nanotechnology Reduces Infection rates of Medical Devices-Innovation from AcryMed Disclosed at Micro Nano Breakthrough", AcryMed, News Releases. July 27, 2005 at: "www.acrymed.com"

(65) "First human trial of bioartificial kidney shows promise for acute renal failure, U-M researchers report", University of Michigan health System press Release, November 2, 2004, at: "www.med.umich.edu"

(66) "University of Centeral Florida researchers find that Nanomaterials developed for Industry Triple or Quadruple Life of Brain cells", August 14, 2003, Science Daily, at: "www.sciencedaily.com"

(67) Dean, Katie "Diabetes tech is Good Biz Cents", Wired, May 17, 2003, at: "www.wired.com/news"

(68) Cortie, Michael B. et al. (2007) "A Golden Bullet? Selective Targeting of Toxoplasma gondii Tachyzoites using Antibody-Functionalized Gold Nanorods", *NanoLetters*, American chemical Society (ACS), December, 7(12), pp. 2808-3812.

(69) "Radio Waves Fire Up Nanotubes Embedded in Tumors, Destroying Liver Cancer", The University of Texas MD Anderson Cancer Center, News Releases, Nov.1, 2007 at: "www.mdanderson.org"

(70) Gashe, Gabriel (2008) "X-Ray Imaging Boosted by Nanotube Technology", 29 January. Softpedia, at: "http://news.softpedia.com/news"

(71) Boyd, Jade (2008) "Secret Ingredient: Nanoparticles aid Bone Growth", Rice University, News Releases, June 12 at: "www.media.rice.edu/media"

(72) Pathak, Priya, Katiyar, V.K. and Giri, Shibashish (2007) "Cancer Research-Nanoparticles, Nanobiosensors and Their Use in Cancer Research", Azojono, Journal of Nanotechnology Online 12 September at: "www.azonano.com"

(73) MicroChips Company: at: "www.mchips.com"

- Robbins, Alexandra (2003) The Future of Technology, Health Care: Biosensors, medicine on a chip", PC Magazine, July 01, at: "www.pcmag.com"

- Gale, Sarah Fister (2008) "A slow road to Big Impact: small tech in Medicine", Small Times, March, at: "www.smalltimes.com"
- Microfluidics Device Provides Programmed, Long-Term Drug Dosing", NCI Alliance for Nanotechnology in Cancer, Nanotech News, March 27, 2006, at: "http://nano.cancer.gov/news_center"
- "Implantable Chips may be used to Deliver Drugs", The Associated Press, USA Today, Tech. May 20, 2002, at: "www.usatoday.com/tech/news"
- Mewhinney, Michael (2008) "NASA Nanotechnology-Based Biosensor Helps Detect Biohazards ", Ames Research Center, News Releases, May 20. at: "www.nasa.gov/centers/ames/multimedia"

(74) Jeremiah, David E. Admiral (1995) "Nanotechnology and Global Security", Fourth Foresight Conference on Molecular Nanotechnology, November, at: "www.zyvex.com"

(75) "Israel Developing Bionic Arsenal", November 17, 2006 Agence France Presse (AFP), at: "www.spacewar.com"
- "Israel developing Anti-Militant 'Bionic Hornet' with Nanotechnology", Reuters, November 17, 2006 at: "www.reuters.com"
- Wiki News Interview w/Shimon Peres", Is Realli, The New blog of Israel. January 9, 2008, "www.isrealli.org"
- Steinberg, Jessica (2003) "The Business World; A Grand Plan for a Ting Science", *The New York Times,* December 21, 2003, at: "www.nytimes.com"

(76) Treder, Mike (2007) "Russia and Nanotechnology", Institute for Ethics and Emerging Technologies (IEET) May 6, at: "http://ieet.org"
- "Putin Vows to Bankroll Nanotechnology, stresses payoff", Russian News and Information Agency Novosti, 18 April, 2007 at: "http://en.rian.ru/russia"

(77) Royal United Services Institute of Defence Studies (RUSI), at: "http://www.rusi.org"

(78) "Nanotech Future for Soldiers", September 21, 2001 at: "http://news.bbc.co.uk"

(79) Baughman, R.H. et al., (2003) "Super-Touch Carbon-Nanotube Fibers", *Nature,* Vol.423, No.6941, 12 June, P.703.
- "Pentagon to Develop Super-Suits", Jan.12, 2007 at: "www.spiegel.de/international"

(80) Jiang, K. et al., (2002) "Spinning Continuous Carbon Nanotube Yarns", *Nature*, 419, 24 October, p.801.

(81) "MIT Institute for Soldier Nanotechnologies", at: "http://web.mit.edu/isn"

- Talbot, David (2002). "Super Soldiers", *Technology Review,* October, pp. 44-50.
- Ratner, Daniel and Mark Ratner, (2004) Nanotechnology and Homeland Security: New Weapons for New York, New Jersey: Prentice Hall, PP. 51-54.
- Altmann, Jurgen (2006) Military Nanotechnology. Apllications and Preventive arms control, Contemporary Security Studies.
- Kelly, Roncone (2004) "Nanotechnology: What Next-Generations Warriors will Wear", *JOM Journal of the Minerals, Metals and Materials Society*, Vol.56, No.1, January 2004, pp. 31-33.

(82) "Israel Developing Bionic Arsenal", Agence France Press (AFP), The Sydney Morning Herald (SMH), November 18, 2006, at: "www.smh.com.au"

(83) "Applications of Nanotechnology in Space Developments and System, Nanotechnology Now, April 2003, at: "www.nanotech-now.com"

- "Nanotechnology and Space Exploration", at: "www.thespacesite.com"
- Berger, Michael (2007) "Nanotechnology in Space", Nano Werk, June 29, at: "www.nanowerk.com"
- "Nanotechnology and Space-Flight", at: "www.understandingnano.com"

(84) "Conference: Space Elevator and Carbon Nanotube tether design", Nano Werk, October 5, 2008 at: "www.nanowerk.com"

- Bonsor, Kevin "How Space Elevators wil Work", HowStuffWorks, at: "http://science.howstuffworks.com"
- "Carbon Nanotube Ribbon for Space Elevator", Technovelgy "Where Science Meets Fiction", 19 August. 2005 at: "www.technovelgy.com"
- Steere, Mike (2008) "'Space Elevator' Would take Humans into Orbit", CNN, October 3, at: "http://edition.cnn.com"

(85) David, Leonard (2004) "Scientists pin big Hopes on nanotechnology", USA Today, Tech, 22 December at: www.usatoday.com

(86)"Could Tiny Diatoms Help Offest Global Warming?" Science Daily. January 26, 2008 at: "www.sciencedaily.com"

- "Nanotech Could Give Global Warming a Big Chill", Forbes/Wolf Nanotech Report. July 2006, Vol.5, No.7, pp. 1-3, at: "www.forbesnanotech.com"
- "Nanotechnology Gasoline Reduces Global Warming at No Cost", Nano Tsunami, at: "www.voyle.net"
- Engelen, Anqelique Van (2008) "Green Nanotechnology is Ready to Come of Age", Global Warming Israel, October 10, at: "www.globalwarmingisreal.com"

(87)"Green Plans for Tiny Tech", *Nature*, 10 March 2003 at: "www.nature.com/news"

الفصل الخامس

(1) Shartkin, Jo Anne (2008) Nanotechnology: Health and Environmental Risks, Perspectives in Nanotechnology.

(2) Crichton, M. (2002) *Prey*, Harper Collins Publishers, New York.

(3) Drexler, Eric (1986) *Engines of Creation*, Anchor Press, Dounleday, Garden City, New York.

(4) Joy, Bill. (2000) "Why the Future doesn't need us?", *Wired*, April.

(5) "Prince Sparks Row over Nanotechnology", *Guardian*, April 28, 2003.

(6) Rees, Martin (2003) *Our Final Hour*, Basic Books, New York.

(7) A Matter of Size: Triennial Review of the National Nanotechnology Initiative, National Academies press, September 2006.

- Weiss, Rick (2006) "Nanotechnology Risks Unknown; Insufficient Attention Paid to Potential Dangers, Report Says", Washington Post, September 26, 2006, P.A12 at: "www.washingtonpost.com"

(8) Maynard, Andrew (2007) "Building a safe Nanotechnology Future", Emerging Nano7technologies at the Woodrow Wilson International Centre for Scholars, 16 November, at: "www.project-syndicate.org"

(9) "Nanotech's Health, Environment Impacts Worry Scientists", Physorg, November 25, 2007, at: "www.physorg.com/news"

(10)"How Safe Are Nanoparticles?", Associated Press, 12-11-2005, Wired, at: "www.wired.com"

- Nanotoxicity: Threat posed by Nanoparticles, current science, Vol.93, No.6, 25 September. 2007 at "www.ias.ac.in"

- "Nanoparticles Cause Brain Damage", at: "http://online.sfsu.edu"
- "Nanomaterials-a risk to Health at Work? First International Symposium on Occupational Health Implications of Nanomaterials, 12-14 October 2004, Health and Safety Laboratory at: "www.hsl.gov.uk"
- Pellerin, Cheryl (2006) "Nanotechnology Risky for Workers, International Companies Say", 14 November, US INFO at: "http://usinfo.state.gov"
- Ross, Philip E. (2006) "Tiny Toxins?", *Technology Review*, May, at: "www.technologyreview.com"

(11)"Magic Nano Product Recall Update", 13 April 2006 at: "http://nanotechwire.com/news"

- Bullis, Kevin (2006) "Nano Safety Recall", *Technology Review*, April 10, at: "www.technologyreview.com"

(12)Feder, Barnaby J. "From Nanotechnology/s Sidelines, One More Warning", *The New York Times*, February 3, 2003.

(13)Kleiner, Kurt and Hogan, Jenny (2003) "How Safe in Nanotech", *New Scientist*, 29 March, pp. 14-15.

(14)"Green Plans for Tiny Tech", Nature, 10 March 2003 at: "www.nature.com/news"

(15)Holmes, Bob (2004) "Buckyballs Cause Brain Damage in Fish", *New Scientist*, 29 March, at: "www.newscientist.com"

(16)Sample, Ian (2004) "Research on tiny Particles could Damage Brain, Scientists Warn", *The Guardian*, January 9, at: "www.guardian.co.uk"

- Kirby, Alex (2004) "Tiny Particles 'Threaten Brain'", BBC News Online, 8 January at: "http://news.bbc.co.uk"
- "Nanoparticles Cause Brain Damage", 1 April 2004 at: "http://online.sfsu.edu/n" and "www.etcgroup.org"

(17)Edler, Alison et al. (2006) "Translocation of Inhaled Ultrafine Manganese Oxide Particles to the Central Nervous System", *Environmental Health Perspectives* (EHP) August, Vol.114, No.8, pp. 1172-1178, at: "www.ehponline.org"

(18)Feder, Barnaby J. "As Uses Grow, Tiny Materials." Safety Is Hard to Pin Down", *The New York Times*, November 3, 2003, P.C.

(19)WaHs, D.J. and Yang, L (2005) "Particle Surface Characteristics May Play an Important role in Phytotoxicity of Alumina Nanoparticles, *Toxicology Letter*, August, 158(2), pp. 122-132

(20)" Interdisciplinary nano dialogue: Nanotechnology requires plenty of thought",, Empa- Academy Materials Science & Technology Research Institution, 6 July 2006. at: "www.empa.ch"

(21)Etienne, Par Jean (2008) "Les Nanoparticles sont Dangereuses pour la santé", Futura-Sciences, Le 12 Fevrier, at: "www.futura-sciences.com"

- Etienne, Jean (2008) "The Nanoparticles are Hazardous to Health", Futura-Sciences, 12 February, at: "http://translate.google.co"

(22)January 2004- At the First Scientific Conference on Nanotoxicity, Nanotox 2004, Dr.Vyvyan Howard Presents Initial Findings that gold Nanoparticles can Move Across the Placenta from Mother to Fetus

- Wootlif, Ben "British Scientist: Nanoparticles Might Move from Mom to Fetus", Small Times, 14 January 2004 Available on the Internet, www.smalltimes.

(23)Karlsson,Hanna , Cronholm, Pontus & Gustafsson, Johanna, and Moller, Lennart (2008) "Copper oxide nanoparticles are highly toxic: a comparison between metal oxide nanoparticles and carbon nanotubes", *Chemical Research in Toxicology,* September, 21 (9), PP. 1726-1732.

(24)Brunton, Michael (2003) "Little Worries", *Time Magazine*, May 04, at: "www.time.com"

(25)Waldmeir, Patti "Brave new Risks of Nanotechnology", *The Financial Times*, 19 September 2007, at: "www.ft.com"

- "NPR: Rejeski Explores "The Brave New World of Nanotechnology", The project on Emerging Nanotechnologies, January 18, 2006 at: "www.nanotechproject.org/news" and:Living on Earth: "www.loe.org"

(26)"Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties", The Royal Society, 29 July 2004 at: "http://royalsociety.org" and "www.nanotec.org.uk/finalreport.htm"

(27)Pellerin, Cheryl (2007) "U.S. Agencies Hold First Public Meeting on Nanotechnology Safety", 05 January, US INFO at: "http://usinfo.state.gov"

(28)"National Nanotechnology Initiative (NNI) Strategy for Nanotechnology-Related Environmental, Health, and Safety Research, Feb. 2008 at: "www.nano.gov/NNI_EHS_Research_strategy.pdf"

(29)"Green Plans for Tiny Tech", *Nature*, 10 March 2003 at: "www.nature.com/news"

(30)"Maynard, Andrew (2007) "Building a Safe Nanotechnology Future", Emerging Nanotechnologies, 16 November, at: "www.project-syndicate.org"

- Rejeski, David. "Why Nano Fear Will Not Disappear", Project on Emerging Nanotechnologies at the Woodrow Wilson International Center for Scholars, at: "www.nanotechproject.org"
- Berube, David M., Foreward by Mihail C. Roco (2006) *Nano-Hype: The Truth Behind The Nanotechnology Buzz,* Prometheus Books, New York.

(31)"Altmann, Jurgen (2005) "Limiting Military Uses of Nanotechnology and Converging Technologies", Conference "Nanotechnology in Science, Technology and Society", Marburg, Germany, 13-15 January, at: "http://cgi-host.uni-marburg.de/"

- Edwards, Steven (2006) The Nanotech Pioneers: Where Are They Taking US, Wiley-VCH.

(32)Bessonov, Kirill (2007) "Russia Tests Most Powerful Bomb", The Moscow News Weekly. 13 September. At: "www.mnweekly.ru/national/20070913/55275780.html"

- "Russia tests world's most powerful vacuum bomb", 11 Sep. 2007. at: "http://en.rian.ru/russia"
- "Russia military uses nanotechnology to build world's most powerful non-nuclear bomb", Nano Werk. 11 Sep. 2007 at: "www.nanowerk.com/news"

تهدف ثورة النانوتكنولوجي الجديدة إلى تطوير نوع جديد من الإلكترونيات الذرية الحجم، تعتمد ميكانيكا الكم وحركة الجسيمات المنفردة، والتي ستنتج معدات أسرع وأصغر مرات عديدة من أي شي حولنا الآن، حيث يتحول العلماء إلى مهندسين يصممون أسلاكاً ومعدات على مستوى حجم الذرة. وفي مثل هذا النظام تتشابك وتتداخل حقول الفيزياء والكيمياء والأحياء والكهرباء والإلكترونيات والميكانيكا بقوة مع بعضها بعضاً، وهذا التشابك والتداخل يمكن أن يعد بالكثير من المفاجآت الجديدة، وسيكون حاصل ذلك تقنيات دقيقة جديدة تقاس أجزاؤها بالميكرون الذي هو أقل بعشرات المرات من قطر شعرة. فضلاً عن ذلك سيصبح ممكناً تصنيع الملايين منها في الوقت نفسه، ويمكن أن تستعمل بعد ذلك لبناء مختبرات تحمل في راحة اليد، وأن تصمم روبوتات أصغر من رأس الدبوس، تستطيع الدخول والحركة في الشرايين الدموية، وتكون مستعدة للقيام بجراحة دقيقة على سبيل المثال. كما أن تقنية النانو ستجعل مظهراً آخر ممكناً، وهو التكامل بين الإلكترونيات الدقيقة والهندسة الوراثية، مع توفير القدرة على التعامل مع المواد الإحيائية والجزيئات العضوية نانوية المقياس، مما سيوفّر الكثير من الإمكانات الخيالية، حيث يعتقد كثير من العلماء أن الفعاليات – ذات المقياس جزء الملياري – في التجمعات الخلوية الإحيائية يمكن أن تنجح في تعريف الحياة ذاتها، وتوفر آفاقا لتطوير تقنية الخلية.

ويقول البعض أن هذه القدرة إذا ما تحققت، فسوف تمثل تحديات تقنية وأخلاقية لم تواجهها الإنسانية من قبل. ومن جانب آخر يحذّر بعض العلماء من الجوانب الفرانكشتانية للتقنية النانوية، حيث يتخوف البعض من أن التعمق كثيراً في النانوتكنولوجي قد يعرض مستقبل الحضارة الإنسانية للخطر مع سيطرة الآلات على مقدرات الكون، ولهذا فإن النانوتكنولوجي يمكن أن تتحوّل إلى سيف ذو حدين يتطلب إدارة مسؤولة.

إلا أن هذا لم يمنع الدول المتقدمة من زج أموال ومصادر هائلة لدعم البحث والتطوير في مجال النانوتكنولوجي، وكأنها على إستعداد لهدر البلايين في سباق محموم، لأن الاعتقاد السائد عند هذه الدول أن الذي سيفوز في هذا السباق سيكون باستطاعته التحكم في تكنولوجيا القرن الحادي والعشرين.

من التقديم



ISBN 978-9953-87-675-7

تصميم الغلاف

photo: © Lawrence Livermore National Laboratory.